



BAUGRUNDGUTACHTEN (GEOTECHNISCHER BERICHT)

Bauvorhaben : **Neubau Fachmarktzentrum
Greifswalder Str. 23-26
Erfurt**

Auftrags-Nr. : B21-113
Projekt-Nr. : 2449

Auftraggeber : City- und Centermanagement Weimar GmbH
In der Buttergrube 9
99428 Weimar-Legefefeld

Geschäftsführer
Dipl.-Geol. Wedekind, U.

Bearbeiter
Dipl.-Geol. Bsteh, R.
Durchwahl 21 69 65 2

Erfurt, den 22. April 2021

Inhaltsverzeichnis

1	ALLGEMEINES	3
1.1	VORGANG	3
1.2	STANDORT & BAUBESCHREIBUNG	4
2	FESTSTELLUNG	5
2.1	ALLGEMEINES	5
2.2	GEOLOGISCHE SITUATION	6
2.3	BAUGRUNDVERHÄLTNISSE	8
2.4	HYDROLOGISCHE VERHÄLTNISSE	13
3	GRÜNDUNGSTECHNISCHE SCHLUSSFOLGERUNGEN	15
3.1	BAUGRUNDEIGNUNG	15
3.2	EINTEILUNG DER ERDSTOFFE IN HOMOGENBEREICHE GEMÄß VOB/C 2019	17
3.3	EMPFEHLUNGEN ZUR GRÜNDUNG	18
3.4	WASSERHALTUNGSMAßNAHMEN UND BAUWERKSABDICHTUNG	23
3.5	TECHNISCHE HINWEISE ZUR BAUAUSFÜHRUNG	24
4	BERATUNG/BAUBEGLEITUNG/BAUÜBERWACHUNG	27
5	BERECHNUNGSKENNWERTE	28
6	BERECHNUNG	29
7	SCHLUSSBEMERKUNGEN	32

Anlagenverzeichnis

A 1	Aufschlussplan
A 2	Aufschlussprofile
A 3	Profile der Rammsondierungen
A 4	Ergebnis Erdstoffprüfungen zzgl. Wassergehalt
A 5	Einteilung der Erdstoffe in Homogenbereiche

1 Allgemeines

1.1 Vorgang

Im März 2021 wurde dem INGENIEURBÜRO FÜR BAUGRUND JACOBI der Auftrag für Baugrunduntersuchungen in Erfurt, Greifswalder Straße/Ecke Leipziger Straße, erteilt. Dabei sollten ein Gutachten erstellt und Laboruntersuchungen durchgeführt werden.

Grundlage des Auftrags war das Angebot K21-223 vom 10.03.2021 mit dem darin enthaltenen Leistungsumfang.

Aufgrund der sehr schlechten Befahrbarkeit mit bereiften Fahrzeugen wurden die Sickersversuche im Baggerschurf zurückgestellt.

Neben den einschlägigen Vorschriften und Richtlinien standen für die Ausarbeitung des Gutachtens folgende Unterlagen zur Verfügung:

- U 1 Auftrag vom März 2021
- U 2 Lageplan vom 04.02.2021 sowie Vermesserplan
- U 3 8 Schichtenverzeichnisse der am 07.04.2021 abgeteuften Rammkernsondierungen
- U 4 6 Sondierverzeichnis der am 08.04.2021 abgeteuften schweren Rammsondierungen
- U 5 Geologische Karte (GK25), Maßstab 1:25.000
- U 6 Ingenieurgeologische Karte der Auslaugungserscheinungen, Maßstab 1:100.000
- U 7 Hydrologische Karte Deutschlands, Maßstab 1:200.000 (HÜK 200) bzw. das landesweite Strömungsmodell im Maßstab 1:50.000 (HK 50)
- U 8 Hintergrundwerte im Grundwasser von Deutschland (HGW) (BGR, 2014-2020)
- U 9 Thüringer Ministerium für Infrastruktur und Landwirtschaft (2020) Geoproxy Kartenauszug (GDI-Th): Orthofoto, Liegenschaftskarte, DGM, Schutzgebietskarte, URL: http://www.geoproxy.geoportal-th.de/geoclient/start_geoproxy.jsp
- U 10 Bundesamtes für Strahlenschutz Karte "Radon-Konzentration im Boden" des Bundesamtes für Strahlenschutz, URL: <https://www.imis.bfs.de/geoportal/>
- U 11 JENA GEOS 2016: Bewertung von Revitalisierungskosten, Ehemaliger Schlachthof Erfurt, Greifswalder Straße

Diese Pläne waren Grundlage unseres Kostenangebotes und der Festlegung der Bohr- und Sondierpunkte. Diese wurden den örtlichen Gegebenheiten angepasst.

1.2 Standort & Baubeschreibung

In Erfurt ist der Neubau eines Fachmarktzentrums geplant. Der Standort befindet sich nordwestlich des Stadtzentrums an der Ecke Greifswalder und Leipziger Straße. Das Gelände ist durch eingestürzte und stark einsturzgefährdete Gebäude gekennzeichnet. Mindestens das zentrale Gebäude besitzt eine Unterkellerung und wurde mit einem stark mit Beton verstärkten Bunkereingang versehen. Die genaue Lage, die Abmessungen sowie Dimensionen dieses Bauwerks wurden nicht erkundet. Wir empfehlen dies vor den Rückbauarbeiten nachzuholen. Das Gelände des ehemaligen Schlachthofes, ist von Bewuchs größtenteils freigeschnitten, jedoch nicht beräumt. Schacht- und Abflussdeckel wurden größtenteils entfernt. Das Gelände ist eben sowie derzeit nur mit Kettenfahrzeugen befahrbar.

Es ist geplant den Bestand zurückzubauen. Die Neugestaltung des Geländes beinhaltet das Anlegen von neuen Verkehrswegen und die Errichtung von Fachmärkten. Der westliche Komplex besitzt eine Grundfläche von ca. 48 x 80 m, der östliche Komplex eine Grundfläche von 71 x 47 m.

Nach derzeitigem Kenntnisstand sind keine Keller oder Tiefgaragen geplant.

Weitere bautechnische Angaben waren zum Bearbeitungszeitpunkt nicht verfügbar.

Das Bauvorhaben wird, aufgrund der ungünstigen Baugrundverhältnisse, der Geotechnischen Kategorie 2 (GK2, mittlerer Schwierigkeitsgrad) zugeordnet.

Maßgebend für die Einstufung ist der quell- und schrumpfungsempfindliche Boden.

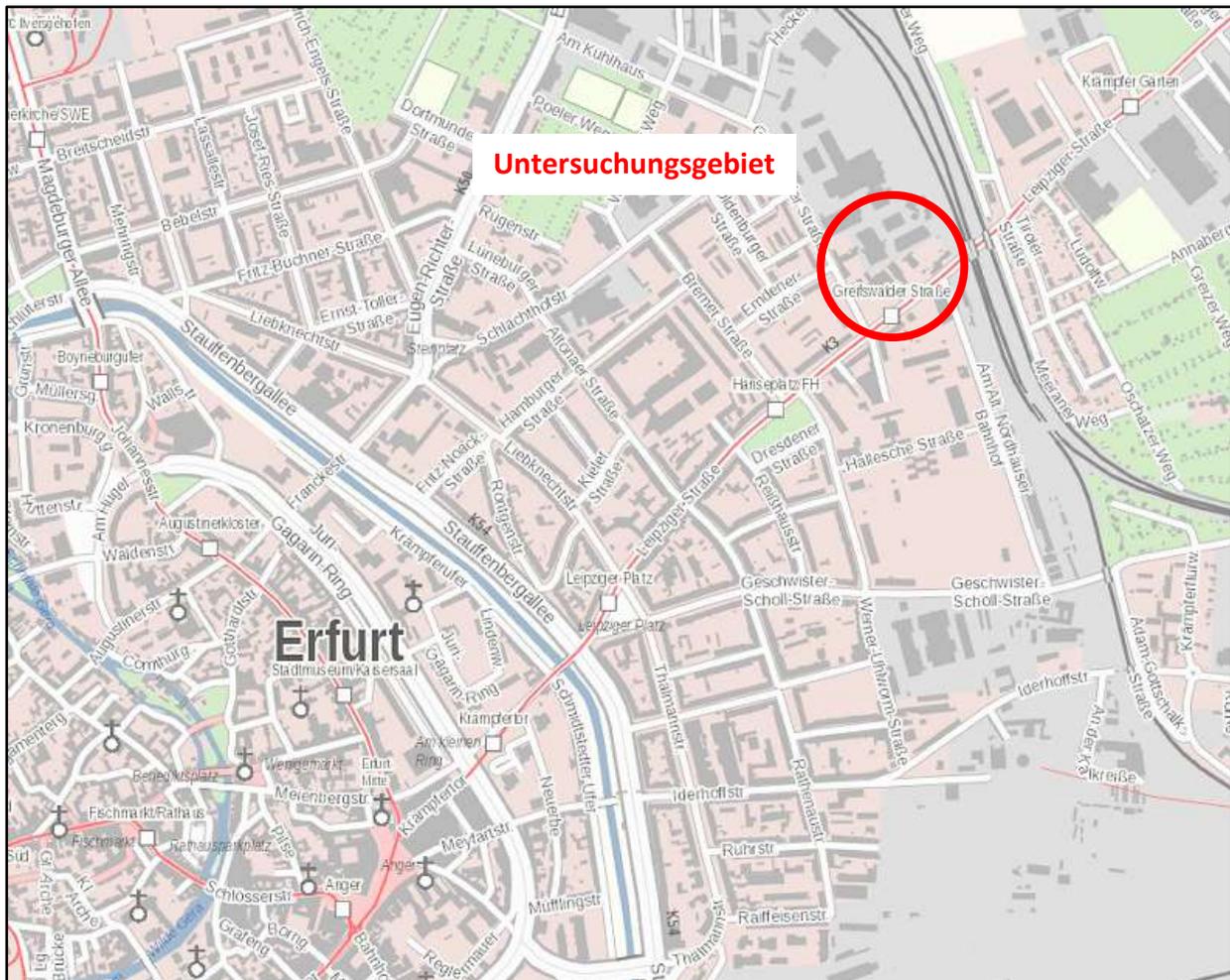


Abbildung 1: Lageübersicht des Untersuchungsgebietes (eingenordet, ohne Maßstab; ©GDI-Th).

2 Feststellung

2.1 Allgemeines

Zur Erkundung der Baugrundverhältnisse wurden am 07/08.04.2021 auftragsgemäß 8 Rammkernsondierungen (RKS) für die Neubauten durchgeführt. Dabei wurden die RKS im Kleinrammbohrverfahren mit einem Durchmesser von $d = 80$ bis 36 mm nach DIN EN ISO 22475-1 bis in Tiefen von $3,0$ bis $4,0$ m unter Oberkante (OK) vorhandenes Gelände abgeteuft. Die aufgeschlossenen Bodenschichten wurden in Anlehnung an die DIN EN ISO 14688-1 ingenieurgeologisch angesprochen. Es sind gestörte Bodenproben entnommen worden.

Die abgeteufte schweren Rammsondierungen (DPH) erreichten Tiefen von $2,6$ bis $3,6$ m u. Geländeoberkante (GOK).

Die Aufschlusstiefe der Sondierungen wurde durch die Dichte/Festigkeit des Untergrundes begrenzt. Die Geräteauslastung wurde erreicht.

Aufgrund des vorhandenen Bestandes musste die Lage der Aufschlüsse teils angepasst werden.

Die Ansatzpunkte der Sondierungen sind im Aufschlussplan Anlage A 1 dargestellt.

Als Höhenbezugspunkt diente die Oberkante (OK) des Kanaldeckels Greifswalder Str. Ecke Leipziger Straße mit einer Kote von 192,64 m NHN.

Die Höhenkoten dienen ausschließlich dem höhenmäßigen Vergleich der Aufschlüsse untereinander und sind nicht im Sinne einer Ingenieurvermessung, z.B. für Planungszwecke, zu verwenden.

2.2 Geologische Situation

Der Standort befindet sich im zentralen Teil des Thüringer Beckens. Dieses wird von einer weitspannigen Keupermulde gebildet. Im Bereich der Stadt Erfurt wird diese von einer langgestreckten Störungszone (Erfurter Störungszone) durchlaufen, die von Nordwest nach Südost streicht. Das Bebauungsgebiet befindet sich weit westlich dieser Störungszone.

Im Liegenden stehen die dunkelgrauen, schwarzblauen, hellgrauen, rotbraunen und violettroten Tonmergel- und Tonschluffsteine der Grabfeld Formation(kmGr) an. Diese enthalten Einlagerungen von Anhydritstein, welcher oberflächennah vergipst und z.T. subrodiert ist. Feinkörnige, plattige bis bankige Lagen von weißgrauen bis grünlichgrauem Dolomitmergelstein kommen vor. Der Keuper bildet den Schichtenwasserstauer.

Die Festgesteine sind von weichselzeitlichen Schottern der Niederterrasse des Flusses Gera überdeckt. Überlagernd kommen geringmächtige Lößlehme und Lößderivate vor.

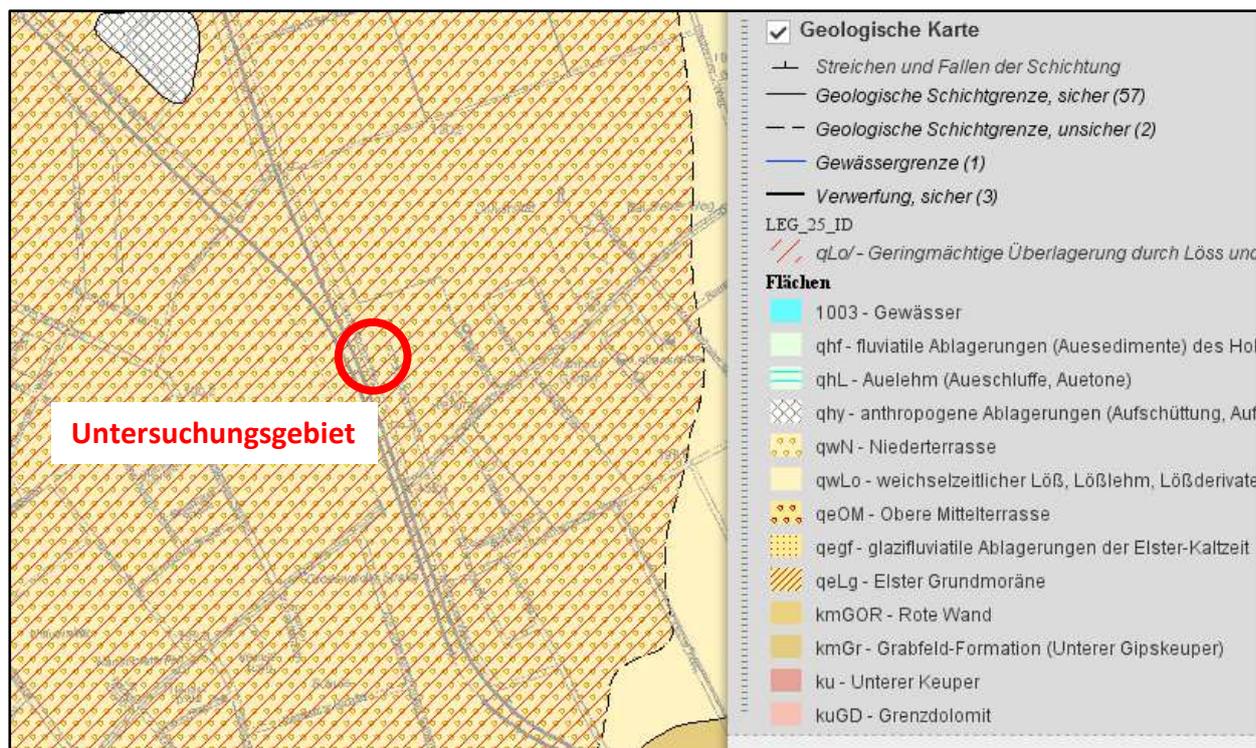


Abbildung 2: Übersicht Geologie (eingenordet, ohne Maßstab; ©TLUBN-Kartendienst).

Erdfall-/Senkungsgefährdung

Die Ingenieurgeologische Karte weist das Gebiet als B-b-I-1 aus. Örtlich kann es zur Bildung von Spalten und kleinen Hohlräumen bei geringmächtiger Gipseinschaltung kommen.

Erdbebeneinwirkung

Das Baugelände befindet sich nach der DIN EN 1998-1/NA:2011-01 Bild NA.1 in keiner Erdbebenzone.

Radon-Konzentration im Boden

Das Baugelände befindet sich, nach der Karte "Radon-222 Konzentration im Boden" des Bundesamtes für Strahlenschutz, im Gebiet mit einer Konzentration von geschätzten 40.000 bis 100.000 Bq/m³. Demnach liegt ein erhöhtes Radonpotenzial im Untergrund vor.

Die o.g. genannten Werte geben eine Orientierung darüber, wie Radon in der Bodenluft einen Meter unter der Erdoberfläche regional verteilt ist. Aussagen zu Einzelgebäuden können ausschließlich nur durch individuelle Messungen getroffen werden.

Entsprechende Maßnahmen zum Umgang mit Radon in Bezug auf die Gebäudeabdichtung können dem Radon-Handbuch Deutschland (Hrsg. Bundesamt für Strahlenschutz) entnommen werden.

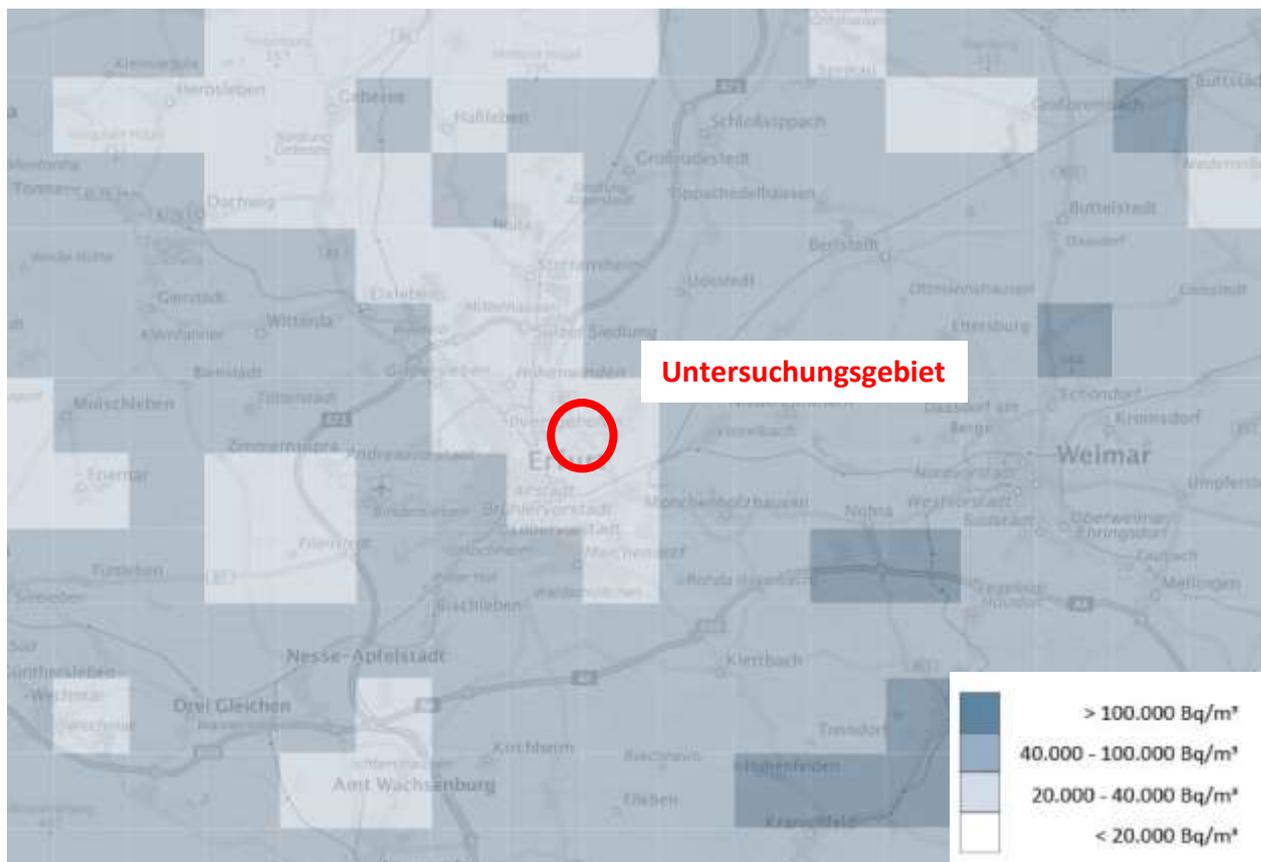


Abbildung 3: Karte "Radon-Konzentration im Boden" des Bundesamtes für Strahlenschutz (eingenordet, ohne Maßstab, ©BfS-Kartendienst).

2.3 Baugrundverhältnisse

Der Baugrund lässt sich im Aufschlussbereich zusammenfassend als ein 3-Schichtsystem beschreiben.

Tabelle 1: Übersicht der Schichten.

Schicht	Bodenart	Schichtuntergrenze [m u. GOK]	Aufschluss
1	Auffüllungen	0,3 bis 1,5	RKS 1 bis RKS 8
2	Lößderivat	2,2 bis 3,0	RSK 1 bis RKS 8
3	Terrassenschotter	≥ 3,2 bis ≥ 4,0	RSK 1 bis RKS 8

Bedingt durch das Aufschlussverfahren können die tatsächlichen Tiefen von den gemessenen Tiefen abweichen. Naturbedingt kann der Schichtverlauf im Untergrund Schwankungen unterworfen sein. Grundsätzlich gilt nach DIN 4020:2010-12 Abschn. 2.1.1: „Aufschlüsse in Boden und Fels sind als Stichproben zu bewerten. Sie lassen für zwischenliegende Bereiche nur Wahrscheinlichkeitsaussagen zu [...].“

Detaillierte Angaben zur Bodenhauptart, Baugrundsichtung, Beimengungen, Beschaffenheit und Farbe können den Bohrprofilen in Anlage A 2 entnommen werden.

Für die Einteilung und Bewertung der Erdstoffe wurden Korngrößenverteilungen nach DIN 18123 sowie die Zustandsgrenzen nach DIN 18122 herangezogen. Die genauen Ergebnisse sind der Anlage A 4 zu entnehmen.

Eine chemische Beurteilung der Erdstoffe der Schicht 1 erfolgt in dem Bericht zur Abfallcharakterisierung S21-036.

Verkehrsflächen-Oberbau

Im Bereich des untersuchten Areals kommen 3 unterschiedliche Deckschichten vor. Im Bereich der RKS 7 sind die Verkehrswege mit einem 0,18 m starken Natursteinpflaster versehen.

Zwischen RKS 7 und RKS 5 sind rd. 0,23 starke bewehrte Betonplatten verlegt. Diese sind auch im Bereich der RKS 1 im Osten des Baufeldes sowie unterhalb der Asphaltdecke, im Bereich RKS 2, 4 und 8 angetroffen worden.

Die Stärke der Asphaltdecke schwankt zwischen 5 und 10 cm Stärke. Es sind Schwankungen der Asphaltstärken sowie der Zusammensetzung zu erwarten.

Die Tragschichten des Oberbaus wurden, aufgrund der geringen Schichtmächtigkeiten, den Auffüllungen zugeschlagen.

Schicht 0: Oberboden

Mit Oberboden ist in Grünflächen und Straßenrandbereichen zu rechnen. Bei den Geländearbeiten war dieser mit Fremdstoffen verunreinigt wurde deshalb den Auffüllungen zuzuschlagen.

Schicht 1: **Auffüllung**

Auffüllungen wurden durch alle Bohrungen angeschnitten. Im Bereich von Bestands- und ehemaliger Bebauung sind Schichtdicken von bis zu 1,5 m angetroffen worden. Im Bereichen von Verkehrswegen sowie Grünanlagen ist die Schichtstärke mit 0,15 bis 0,5 m deutlich geringer.

Als Fremdbestandteile wurden Ziegel- und Betonbruch sowie Schlacke und Kohle angetroffen. Die Kornzusammensetzung ist dabei über die Baufeldfläche erheblichen Schwankungen unterworfen.

Da sich auf dem Gelände, teils unterkellerte Bebauung befindet, ist mit verbliebenen Bauwerksresten, Betonbruch sowie Medienträgern oder ähnliches im Untergrund zu rechnen. Dies sollte bei der Ausschreibung wie auch Bauausführung berücksichtigt werden.

Örtlich sind durchaus tiefer aufgefüllte Bereiche und kleine Hohlräume innerhalb der Auffüllung möglich. Im Bereich von Leitungen oder Kanälen sind tiefer aufgefüllte Bereiche zu erwarten.

Die Lagerungsdichte liegt mit geringen Schwankungen vorwiegend im lockeren bis mitteldichten Bereich.

Infolge der schwankenden Zusammensetzung ist das Tragfähigkeits- und Formänderungsverhalten nicht genau definierbar. Daher sind die im Abschnitt 4 der Auffüllung zugeordneten bodenmechanischen Kennwerte als Durchschnittswerte zu betrachten. Für bautechnische Zwecke ist die Auffüllung als Gründungsschicht aufgrund ihrer inhomogenen Struktur und unterschiedlichen bzw. geringen Lagerungsdichten nicht geeignet. Bei einer Belastung der Auffüllung treten differierende, teilweise starke Verformungen auf.

Tabelle 2: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 1: Auffüllung.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Auffüllung - Kies, sandig, teils schwach steinig, teils schwach schluffig, teils org. Beimengungen - Sand-Schluff-Gemisch, kiesig, schwach org. Beimengungen Fremdbestandteile: Ziegel-, Beton-, Asphalt-, Kohle-, Schlackereste
Bodengruppen (DIN 18196)	[TL, SU, SU*, GU*, GU, GW]
Färbung	dunkelgrau, schwarzgrau, hellbraun, braun, schwarz
Plastizität	leichtplastisch (TL)
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	locker bis mitteldicht
Konsistenz	weich bis steif, steif (TL)
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	gering bis groß
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 1 (GW) bis F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 1 (SU, GU, SW), V 2 (GU*, SU*), V 3 (TL)
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 1 bis G 4
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$5 \cdot 10^{-7}$ m/s bis 10^{-4} m/s

^A Kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren.

Schicht 2: Lößderivat

Unterhalb der Auffüllungen wurde durch alle Bohrungen **Lößderivat** angetroffen. Hierbei handelt es sich um alluvial und fluviatil umgelagerten Löß. An der Basis, über dem Terrassenschotter, ist dieser durch Sand dominiert. Zum Hangenden steigt der Anteil bindiger Bestandteile. Hier liegt der Löß als Lehm vor.

Mit der schweren Rammsondierung (Anlage A 3) wurden Schlagzahlen N_{10} von 3 bis 11 ermittelt.

Auflagernd auf den Kiesen kann vor allem der Lehm einen hydrostatischen Druck des anstehenden Grundwassers bewirken (derzeit nicht gegeben).

Tabelle 3: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 2: Lößderivat.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Lößderivat Schluff, feinsandig, schwach tonig Sand, schluffig bis stark schluffig
Bodengruppen (DIN 18196)	TL, TM, SU*
Färbung	braun, gelbbraun, hellbraun
Plastizität	leicht- bis mittelplastisch
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	locker bis mitteldicht
Konsistenz	weich bis halbfest
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	groß
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 3
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 2 bis V 3
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 3 bis G4
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	$5 \cdot 10^{-9}$ m/s bis 10^{-5} m/s

^A Kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren.

Schicht 3: Terrassenschotter

An das Lößderivat schließen die **Terrassenschotter** an.

Mit der schweren Rammsondierung (Anlage A 2.3 und 2.4) wurden Schlagzahlen N_{10} von 12 bis 75 ermittelt. Dies entspricht einer mitteldichten bis teils sehr dichten Lagerung.

Bedingt durch das Aufschlussverfahren sind mögliche Stein- und Blockanteile im Kies nicht erfasst, diese sind erfahrungsgemäß zu erwarten. Im Terrassenschotter können sich ggf. Tonlinsen befinden, welche jedoch bei der Untersuchung nicht festgestellt wurden.

Tabelle 4: Geotechnische Klassifizierung der Schicht 3. Terrassenschotter.

Parameter	Klassifizierung
Bodenart	Terrassenschotter Kies, sandig, schwach steinig, sehr schwach schluffig bis schwach schluffig
Bodengruppen (DIN 18196)	GU, GW
Färbung	braungrau, braun
Plastizität	-
Lagerungsdichte (anhand Bohrfortschritt)	mitteldicht bis dicht
Konsistenz	-
Witterungs- und Erosionsempfindlichkeit	gering
Frostempfindlichkeitsklasse (ZTV E-StB 17)	F 1
Verdichtbarkeitsklasse (ZTV A-StB 12)	V 1
Bodengruppen (ATV-DVWK-A 127)	G 1
Durchlässigkeitsbeiwert k_f^A	10^{-7} m/s bis 10^{-4} m/s

^A Kann in Abhängigkeit von der Lagerungsdichte, Kornverzahnung und dem Feinkornanteil weiter variieren.

2.4 Hydrologische Verhältnisse

2.4.1 Hydrogeologie

Wasser wurde bei keinem der durchgeführten Aufschlüsse angeschnitten.

Die Hydrogeologische Karte weist als oberes Grundwasserstockwerk die Terrassenschotter aus.

Die Hydrogeologische Übersichtskarte (HÜK 200) bzw. das landesweite Strömungsmodell im Maßstab 1:50.000 (HÜK 50) gibt einen berechneten Mittleren Grundwasserflurabstand von < 2 m an. Des Weiteren kann der Grundwasserflurabstand erheblichen jahreszeitlichen Schwankungen unterliegen. Für die weitere Beurteilung wurden 2 Kernbohrungen aus der Schlachthofstraße sowie der Leipziger Straße (Milchkontor) herangezogen. Hier wurden Grundwasserstände zwischen 186,9 m NHN und 186,05 m NHN angetroffen. In Bericht zur Bewertung von Revitalisierungskosten [U 11] wird auf eine Brunnenbohrung auf dem Gelände mit einem Grundwasserflurabstand von 6 m u. GOK verwiesen.

Der Bemessungsgrundwasserstand (MHGW) ist anhand der vorliegenden Informationen auf etwa 4 m unter GOK anzusetzen. In Zeiten von langanhaltenden Starkregenereignissen, welche aller paar Jahrzehnte auftreten können, kann das Grundwasser bis auf OK Terrassenschotter aufsteigen (rd. 2 m u. GOK).

Unabhängig vom Grundwasserstand, weisen wir darauf hin, dass aufgrund der umliegenden bindigen Böden Stau- und Schichtwasserbildungen nicht ausgeschlossen werden können.

Der Bereich liegt außerhalb eines Trinkwassereinzugsgebietes. Das Grundwasser ist am Standort als „Gewässer mit normalen Schutzbedürfnissen“ einzuordnen.

2.4.2 Versickerungsfähigkeit

Die Wasseraufnahme- bzw. Versickerungsfähigkeit des Bodens ist stark eingeschränkt. Ursache der schlechten Durchlässigkeit ist das bindige Lößderivat, welcher als Wassergeringleiter fungiert und in einem unbekanntem Maße dazu führt, dass eine Versickerung komplett verhindert werden kann.

Die Wasseraufnahmefähigkeit bzw. Versickerungsfähigkeit des in der Tiefe folgenden Terrassenschotters ist gut.

Aufgrund der zuvor beschriebenen Gegebenheiten wurden die Sickerversuche im Baggerschurf zurückgestellt. Wir empfehlen diese mit den Abrissarbeiten, am Standort der zukünftigen Anlagen durchzuführen.

2.4.3 Beton- und Stahlaggressivität

Aus dem Bereich des Schlachthofes liegen uns mehrere Wasseranalysen vor. Für das Oberflächenwasser des Terrassenschotters muss von einer erhöhten Sulfatbelastung ausgegangen werden (XA 1).

Grundwassermessungen aus Schichten des Festgesteins am Johannesplatz und Milchkontor weisen stark variierende Ionenbefruchtungen auf (maßgebend sind 595 bis 1430 mg/l Sulfat). Für das Festgestein sollte ebenfalls von einer erhöhten Sulfatbelastung ausgegangen werden (XA2).

Generell muss von stark Betonangreifenden Grundwasser ausgegangen werden.

3 Gründungstechnische Schlussfolgerungen

3.1 Baugrundeignung

3.1.1 Eignung als Standort

Der Standort ist für die vorgesehene Bebauung aus baugrundtechnischer Sicht unter Berücksichtigung folgender erschwerender Bedingungen geeignet:

- Wasserempfindlichkeit der Schichten (Lößderivat)
- Bauwerksreste aufgrund der Altbebauung → durchzuführende Tiefenentrümmerung
- Ehemals bebautes Gelände → unentdeckte Auffüllungsnester wahrscheinlich
- schwankende Aufschlusstiefen des Terrassenschotter
- kleinräumig differierende Untergrundverhältnisse in Bezug auf die Zusammensetzung, Lagerungsdichte, Konsistenz und Tragfähigkeit der Erdstoffe (Schicht 2)
- nicht auszuschließende Stauwasserbildungen
- Gründungsart und -tiefe der Gebäude unbekannt
 - derzeitige Annahme: Einzel-/Streifenfundamente ab Schicht 2 (Nachprüfung empfohlen)
- Hohes Radonpotenzial (s. Abschnitt 2.2)
 - Abdichtung der Gebäude, unterirdischer Bauwerke (Schächte etc.) und Hausanschlüsse
 - Vermeidung von Gasfallen

3.1.2 Eignung der Baugrundsichten zur Gründung

Tabelle 5: Eignung der Baugrundsichten zur Gründung.

Schicht	Bodenart	Eignung als Gründungsschicht
0	Oberboden	nicht geeignet
1	Auffüllungen	nicht geeignet
2	Lößderivat	<u>geeignet</u> bzw. bei geringen Konsistenzen ggf. nur nach einer zusätzlichen Baugrundstabilisierung
3	Terrassenschotter	<u>geeignet</u>

3.1.3 Lösbarkeit und Verwendbarkeit des Aushubes

Lösbarkeit

Für die Kalkulation der Erdarbeiten erfolgt neben der Einteilung in Homogenbereiche gemäß Abschnitt 3.2 die Einteilung der Erdstoffe und deren Lösbarkeit gemäß DIN 18300:2012-09.

Tabelle 6: Übersicht zu Boden-/Felsklassen nach DIN 18300:2012-09.

Schicht	Bodenart	Boden-/Felsklasse (DIN 18300:2012-09)
0	Oberboden (nicht aufgeschlossen)	Bk. 1
1	Auffüllungen	Bk. 3-4 ^{A,B}
2	Lößderivat	Bk. 4 ^B
3	Terrassenschotter	Bk. 3 ^B

^A Bauwerksreste u.a. in der Auffüllung sind getrennt nach Aufmaß abzurechnen.

^B Bodenarten nach den Klassen 3 und 4, jedoch mit über 30 % Masseanteil an Steinen sowie Bodenarten mit höchstens 30 % Masseanteil an Blöcken der Korngröße über 200 bis 630 mm sind der Bodenklasse 5 nach Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und nach Aufmaß zuzuordnen. Bodenarten mit über 30 % Masseanteil an Blöcken sind der Boden-/Felsklasse 6 nach Abstimmung mit dem Baugrundgutachter und nach Aufmaß zuzuordnen.

Verwendbarkeit des Aushubs

- Die **Schwarzdecke** ist entsprechend zu verwerten bzw. zu entsorgen
- Der oberhalb anstehende **Oberboden** kann als Kulturboden wiederverwendet werden und ist ansonsten nur zur Geländeregulierung von unbelasteten Flächen geeignet. Die Vorgaben der BBodSchV sind zu beachten.
- Die **Auffüllung** (Schicht 1), sofern fremd- und schadstofffrei, ist nur zur Geländeregulierung von unbelasteten Flächen geeignet. Die Vorgaben der BBodSchV sind zu beachten. Die Erdstoffe und Auffüllungen sind ggf. entsprechend zu verwerten bzw. zu entsorgen (s. Bericht zur Abfallcharakterisierung S21-036).
- Das **Lößderivat** (Schicht 2) ist im erdfeuchten steifen bis halbfesten Zustand zum Wiedereinbau im Bereich der Grabenhauptverfüllzone und als Bauwerkshinterfüllung geeignet. Aufgrund des teilweise hohen Feinkornanteils sind dünne Lagenstärken und knetend wirkende Verdichtungsgeräte (z.B. Schafffußwalze) für einen ausreichend dichten Einbau notwendig.

- Der **Terrassenschotter** (Schicht 3) kann bei entsprechender Brechung und Körnung zum Wiedereinbau im Bereich der Grabenhauptverfüllzone, Bauwerkshinterfüllung oder im Bereich des Verkehrsflächenaufbaus genutzt werden.

Bei einer Verwendung des Materials als Bauwerkshinterfüllung sind eventuell auftretende Steine oder Blöcke (Durchmesser > 63 mm) in dem Erdstoff im Vorfeld auszusortieren.

Bei einer Zwischenlagerung ist in jedem Fall darauf zu achten, dass die Erdstoffe ordnungsgemäß vor Witterungseinflüssen geschützt werden. Um die Erdstoffe ordnungsgemäß einbauen zu können, empfehlen wir eine getrennte Lagerung voneinander.

Für einen fachgerechten Einbau sollten die Erdstoffe einen optimalen Wassergehalt besitzen. Um diesen zu erreichen, muss dem Aushub ggf. Wasser hinzugegeben bzw. entzogen werden.

3.2 Einteilung der Erdstoffe in Homogenbereiche gemäß VOB/C 2019

Für die Einteilung in Homogenbereiche wurden die aus unserer Sicht erforderlichen Laborversuche und Felduntersuchungen durchgeführt (gemäß Eurocode 7 und der Länderanpassung durch die DIN 4020 sowie in Anlehnung an die aktuelle VOB/C). Weiterhin haben wir Erfahrungswerte sowie Kennwerte aus umliegenden Baumaßnahmen herangezogen.

Da der Massenanteil an Steinen und Blöcken nicht mittels Baggerschurf ermittelt wurde, beruht die Angabe lediglich auf Erfahrungswerten.

Die Erdstoffe wurden anhand Ihrer Eigenschaften in folgende Homogenbereiche i.A.a. DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten), DIN 18301:2019-09 (Bohrarbeiten), DIN 18304:2019-09 (Rammarbeiten) und DIN 18320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten) eingeteilt:

Tabelle 7: Übersicht zur Einteilung der Homogenbereiche.

Schicht	Bodenart	Homogenbereich DIN 18300 (Erdarbeiten) ^A		Homogenbereich DIN 18301 (Bohrarbeiten) ^A	Homogenbereich DIN 18304 (Rammarbeiten) ^A	Homogenbereich DIN 18320 (Landschafts- bauarbeiten) ^A
		Lösen und Laden	Einbauen und Verdichten ^B			
0	Oberboden	-	-	-	-	LA 1
1	Auffüllungen	EA _{LL} 1	EA _{EV} 1 ^C	BA 1	RA 1	-
2	Lößderivat	EA _{LL} 2	EA _{EV} 2	BA 2	RA 2	-
3	Terrassen- schotter	EA _{LL} 3	EA _{EV} 3	BA 3	RA 3	-

^A Homogenbereiche sind nach Festlegung der einzusetzenden Erdbaugeräte durch den Planer zu verifizieren.

^B Die Wiedereinbaufähigkeit ist abhängig von der Zuordnung nach LAGA M 20 im Hinblick auf den vorsorgenden Boden- und Grundwasserschutz.

^C Organische Böden bzw. Böden mit org. Beimengungen sind für einen Wiedereinbau in technischen Bauwerken nicht geeignet.

Die detaillierte Einteilung der Homogenbereiche mit Angabe der Eigenschaften und Kennwerte sowie der sich ergebenden Bandbreiten sind der Anlage A 5 zu entnehmen.

3.3 Empfehlungen zur Gründung

3.3.1 Gründungsart & Gründungstiefe

Vor Baubeginn müssen die Bauwerksreste vollständig tiefenenttrümmert und entfernt werden.

Bei der Gründung der nicht unterkellerten Gebäude ist darauf zu achten, dass diese auf einem Erdstoff mit annähernd gleichen Tragfähigkeitseigenschaften zu erfolgen hat. Nach den beschriebenen Baugrundverhältnissen wäre dies das mindestens steife **Lößderivat (Schicht 2)** oder der **Terrassenschotter (Schicht 3)**. Mit örtlichen, geringen Tiefergründungen, z.B. bei Anschnitt einer Sand- oder Tonlinse in Höhe der geplanten Gründungssohle muss gerechnet werden.

Bei dem unterkellerten Gebäude (Bunker) kann es zu technischen Schwierigkeiten beim Abbruch sowie Tiefergründungen und Wiederauffüllung des Geländes kommen. Wir empfehlen, in Rücksprache mit dem Statiker sowie dem Baugrundgutachter, die genaue Lage und Abmessungen sowie die Gründung des Bauwerks zu erkunden. Ggf. kann z.B. die Bodenplatte verbleiben und auf diese gegründet werden.

Für die Ausführung empfehlen wir folgende Gründungsvarianten:

Variante 1: **Stahlbetongründungsplatte**

Variante 2: **Einzel-/ Streifenfundamente**

Gründungsvariante 1: Stahlbetongründungsplatte

Die Bauwerkslasten werden über eine **Stahlbetongründungsplatte** mit untergelagertem lastverteilenden stabilisierenden Kies- oder Schotterpolster in den Untergrund eingetragen. Die Gründung erfolgt dabei einheitlich auf dem Lößderivat (Schicht 3) oder Terrassenschotter (Schicht4). Der Oberboden und die Auffüllungen sind vollständig zu entfernen.

Eine frostsichere Einbindung der Polstergründung von mindestens 1,0 m unter Oberfläche endgültigem Gelände ist zu gewährleisten. Dies kann ebenfalls durch eine Frostschürze erfolgen. Die Mindestdicke des Polsters hat 0,8 m zu betragen. Die Dicke kann in Rücksprache mit dem Statiker sowie dem Baugrundgutachter an die Lasten sowie die angetroffenen geologischen Verhältnisse (Baugrundabnahme erforderlich) angepasst und ggf. reduziert werden.

Die Gründungssohle ist vor Niederschlägen zu schützen bzw. die Arbeiten sind zügig ohne Wartezeiten durchzuführen.

Vor dem Einbau des Polsters ist eine Baugrundabnahme zu empfehlen, um den Horizont des natürlich abgelagerten Bodens sicher festzulegen, ggf. werden Tiefergründungen erforderlich. Bei Tiefschachtungen ist das Polster abzutreten, die einzelnen Stufen sollten dabei einen Höhensprung von 0,30 m nicht überschreiten.

Ist der Untergrund aufgeweicht, so ist zuvor Grobschlag, 10 bis 20 cm dick, einzuwalzen.

Als Trennschicht zwischen dem frostsicheren Polstermaterial und den anstehenden bindigen feinkörnigen Böden ist ein Geotextil der Robustheitsklasse 4 (GRK 4) vollflächig, auch an den Rändern mit seitlichem Umschlag, mit entsprechender Überlappung zu verlegen. Nur so kann sichergestellt werden, dass keine Feinanteile in das Polstermaterial eindringen können und die Frostsicherheit dauerhaft gewährleistet bleibt.

Der Einbau des Polsters hat in einzelnen Lagen von 20 bis 30 cm unter Erreichung eines Verdichtungsgrades $D_{Pr} \geq 100\%$ zu erfolgen. Die Verdichtung des Polsters ist aktenkundig zu prüfen.

Für das Polster ist ein gut verdichtungsfähiges weitgestuftes Material (z.B. Schotter oder Kies der Körnung 0/45 oder 0/56) zu verwenden. Das Material muss mindestens im oberen Meter, ab Oberkante endgültigem Gelände, frostbeständige Qualitäten aufweisen (der Feinkornanteil $\leq 0,063$ mm hat maximal 5 % zu betragen). Tiefer als 1,0 m unter Oberfläche endgültigem Gelände ist auch Material aus der Vorabsiebung, Betonrecycling u.ä. möglich.

Da für das Polster ein Schotter bzw. Kies mit Frostschutzqualität und einer Wasserdurchlässigkeit von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s verwendet wird, kann auf die kapillarbrechende Kiesschicht verzichtet werden.

Um eine ausreichende Lastausbreitung zu gewährleisten, ist das Polster in den Randbereichen so auszubilden, dass ausgehend von UK Plattenaußenkante und unterstem Böschungspunkt ein Winkel von $\beta = 45^\circ$ eingehalten wird.

Gründungsvariante 2: Einzel-/ Streifenfundamente

Die Bauwerklasten werden über **Einzel-/ Streifenfundamente** in den Untergrund eingetragen.

Die Gründung erfolgt, wie zuvor beschrieben, einheitlich auf dem Lößderivat (Schicht 3) oder dem Terrassenschotter (Schicht 4). Dabei ist zu beachten, dass die Fundamente die Gründungsschicht sauber (mind. 0,3 m) anschneiden. Der Oberboden und die Auffüllungen sind vollständig zu durchstoßen.

Eine frostsichere Einbindung der Gründung von mindestens 1,0 m unter Oberfläche endgültigem Gelände (Frosteinwirkungszone II) ist zu gewährleisten.

Die Auffüllungen sind nur bedingt standsicher, so dass örtlich mit erhöhten Nachfall bzw. Einschalungsarbeiten zu rechnen ist.

Örtlicher Nachfall ist möglich und unmittelbar vor dem Betonieren herauszunehmen, ggf. sind stellenweise Einschalungsarbeiten erforderlich.

Die Gründungssohle sollte durch einen Baugrundsachverständigen abgenommen werden. Sie ist auf ihre Gleichmäßigkeit und mögliche Schwachstellen zu prüfen, ggf. werden Tiefergründungen (Magerbeton) notwendig.

Da sich die Gründungstiefen unterscheiden können, sind beim Einbau der Streifenfundamente Stufen einzuplanen, welche eine Höhe von maximal 0,50 m nicht überschreiten dürfen.

Die nicht freitragende Fußbodenplatte (zwischen den Streifenfundamenten) ist separat auf einem 15 cm mächtigen kapillarbrechenden Kies (z.B. 4/16) zu gründen. Darunter ist ein mind. 30 cm dicker, gut verdichtungsfähiger lastverteilender Kies oder Schotter (0/45) einzubringen. Als Variante kann eine freitragende Fußbodenplatte (als Decke ausgebildet) ausgeführt werden. Dann kann auf den Einbau des stabilisierenden Polsters verzichtet werden.

Vor dem Schottereinbau ist der obere Horizont bis mind. 0,30 m abzuschleifen. Wird für das Polster ein Schotter bzw. Kies mit Frostschutzqualität und einer Wasserdurchlässigkeit von $k_f \geq 1 \cdot 10^{-4}$ m/s verwendet, so kann auf die kapillarbrechende Kiesschicht verzichtet werden. Zwischen Schotterpolster und der tonigen Schachtsohle ist ein trennendes Geovlies einzubauen.

Die Schacht- und Betonierarbeiten haben eine Einheit zu bilden und sind unmittelbar nacheinander auszuführen. Die Gründungssohle ist gegen Witterungseinflüsse zu schützen, z.B. durch den sofortigen Einbau der Gründung.

Sollten sich örtlich von der ermittelten Schichtung abweichende Schichtenfolgen während des Aushubs ergeben, so ist mit unserem Büro Rücksprache zu halten. Unser Büro steht Ihnen nach Absprache für eine Abnahme der Gründungssohle sowie Verdichtungs- und Tragfähigkeitsprüfungen zur Verfügung.

3.3.2 Böschungen, Verbau und Arbeitsraumbreiten

Bis in eine Tiefe von 1,25 m können Baugrubenwände senkrecht gestaltet werden. Bei der Ausführung von temporären Baugrubenböschungen sind gemäß DIN 4124 folgende Böschungswinkel einzuhalten:

Tabelle 8: Böschungswinkel.

Schicht	Kurzbeschreibung	Böschungswinkel β [°]
1	Auffüllung	≤ 45
2	Lößderivat	≤ 60 (min. steif) ≤ 45 (weich, locker oder nichtbindig)
3	Terrassenschotter	≤ 45

Werden lockere bis sehr lockere (z.B. Bauschuttnester), aufgeweichte Bereiche oder Rutschflächen angeschnitten, so ist der Böschungswinkel in Abstimmung mit dem

Baugrundgutachter und Bauleiter zu verringern. Ab einer Böschungshöhe von mehr als 5,0 m ist die Standsicherheit nachzuweisen.

Baugeräte und Fahrzeuge bis 12 t Gesamtgewicht müssen einen Abstand von mindestens 1,0 m, Baugeräte und Fahrzeuge mit 12 – 40 t von mindestens 2,0 m zwischen der Außenkante der Aufstandsfläche und der Böschungskante einhalten. Zudem ist an den Böschungsoberkanten ein mindestens 1,0 m breiter Streifen lastfrei zu halten. Die Böschungsoberfläche ist vor Erosion zu schützen.

In Bereichen, wo die Baufreiheit eingeschränkt ist oder eine zusätzliche Belastung auf die Böschung ausgeübt wird oder ein Abböschchen nicht präferiert wird, ist nach DIN 4124 ein Verbau auszuführen. Das Einrammen von Verbauteilen ist zur Vermeidung von Erschütterungen nicht empfehlenswert. Verbauträger bzw. -elemente sind in vorgebohrte Öffnungen zu stellen.

Erschütterungsmessungen nach DIN 4150-3 sollten zur Überwachung der Verbaumaßnahmen durchgeführt werden.

3.3.3 Verkehrsflächen

Die Bemessung der Verkehrsflächen hat gemäß der RStO 12 und Anpassungen durch die ZTV E-StB 17 zu erfolgen.

Die Mindestdicke des frostsicheren Oberbaus ist gemäß Tabelle 6 der RStO, in Abhängigkeit der Belastungsklasse, für einen Boden der Frostempfindlichkeitsklasse F 3 (worst case) zu wählen.

Die Erdstoffe der Schicht 2 sind als Gründungsplanum für die Verkehrsflächen nicht ausreichend tragfähig. Die ab Gründungsplanum geforderten Tragfähigkeitswerte von $E_{v2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ nach RStO 12 und ZTV E-StB 17 werden hier nicht erreicht. Zur Erreichung dessen, empfiehlt sich ein Bodenaustausch (z. B. Schotter 0/45, Vorabsieb, Beton-RC) von min. 20 cm.

Für die Festlegung der Mehr- oder Minderdicken (Tabelle 7 in RStO 12) des Aufbaus können die in Tabelle 9 genannten Werte verwendet werden. Alle Angaben sind vom zuständigen Fachplaner gegenzuprüfen.

Tabelle 9: Mehr- oder Minderdicken für die Gesamtdicke des frostsicheren Oberbaus gemäß RStO 12.

Örtliche Verhältnisse		Mehr- oder Minderdicke
Frosteinwirkung	Zone II	+ 5 cm
Kleinräumige Klimaunterschiede	geschlossene seittl. Bebauung	- 5 cm
Wasserverhältnisse im Untergrund	zeitweise (< 1,5 m u. GOK)	+5 cm
Lage der Gradienten	ebenes Gelände	0 cm
Entwässerung	Rinnen und Abläufe	- 5 cm
Mehr- bzw. Minderdicke insgesamt		0 cm

Die Anforderungen und Bauweisen von Straßen ist den Tafeln 1 bis 5 sowie für Rad- und Gehwege der Tafel 6 der RStO 12 zu entnehmen.

Die Forderungen hinsichtlich der Tragfähigkeit und der Verdichtung sind der RStO 12 zu entnehmen. Der lagenweise Einbau sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden.

3.4 Wasserhaltungsmaßnahmen und Bauwerksabdichtung

3.4.1 Wasserhaltungsmaßnahmen

Bei der geplanten Baumaßnahme ist nicht mit dem Anschnitt von Grundwasser zu rechnen. Die Gründungsarbeiten sind möglichst zu Zeiten geringer Grundwasserstände und Niederschlagswahrscheinlichkeit (z.B. Spätsommer oder Herbst) auszuführen. So können aufwendige bauzeitliche Wasserhaltungsmaßnahmen in der Regel vermieden bzw. verringert werden.

Zu Zeiten ungünstiger Wasserstände ist aufgrund anfallenden Oberflächen- und/ oder Schichtenwassers durchaus mit Wasserhaltungsmaßnahmen zu rechnen. Anfallendes Wasser ist dann mittels Pumpensumpf über eine offene Wasserhaltung abzuführen. Stärkere Wasseraustritte aus der Böschung oder aus der Sohle sind separat zu fassen und abzuleiten bzw. abzapfen.

Die Gründungsarbeiten sind zügig durchzuführen bzw. die Gründungssohlen sind vor Witterungseinflüssen zu schützen. Ein Offenstehen von Baugrube und Fundamentgräben ist zu vermeiden.

3.4.2 Bauwerksabdichtung

Die Wahl der Abdichtung muss nach DIN 18533-1, in Abhängigkeit der örtlichen hydrologischen Situation (siehe Abschnitt 2.4) sowie der anstehenden Böden (siehe Abschnitt 2.3), gewählt werden.

Sofern es seitens des Fachplaners keine Einwände gibt, kann bei Bodenplatten ohne Unterkellerung auf stark wasserdurchlässigem Baugrund oder Bodenaustausch ($k > 10^{-4}$ m/s) und Gewährleistung, dass der Schicht- bzw. Stauwassereinfluss maximal 0,5 m unter der Abdichtungsebene liegt, auf die Wassereinwirkungsklasse W 1.1-E reduziert werden.

Die maßgebende Wassereinwirkungsklasse, Abdichtungsbauart sowie die Rissklasse, Rissüberbrückungsklasse, Raumnutzungsklasse und Zuverlässigkeitsanforderungen nach DIN 18533-1 sind vom Fachplaner festzulegen.

Alternativ zu einer Abdichtung nach DIN 18533-1 kann auch eine Abdichtung nach der **WU-Richtlinie** des DAfStB (wasserundurchlässigen Beton mit Rissweitenbeschränkung) erfolgen. Hierbei ist jedoch die Wasserdampfdiffusion durch den WU-Beton zu beachten.

Es ist rechtzeitig für eine fachgerechte Ableitung anfallender Wässer zu sorgen. Spätestens bei Herstellung der Dachfläche ist das anfallende Wasser auch im Rohbauzustand fachgerecht vom Baukörper abzuleiten.

3.5 Technische Hinweise zur Bauausführung

- Bei unterschiedlichen Gründungstiefen der Gründungskörper sind diese unter einem Winkel von $\beta \leq 30^\circ$ abzutreten.
- Zur Vermeidung von niederschlagsbedingten Erdstoffdurchnässungen im Gründungsbereich sind die Erd- und Betonierarbeiten zügig durchzuführen. Dies gilt besonders, wenn die Erdarbeiten in ungünstigen Jahreszeiten wie Frühjahr und Winter ausgeführt werden. Die Baugrubensohle ist schnell zu überdecken oder zu schützen. Aufgeweichte Bereiche unter der Gründungssohle sind grundsätzlich zu entfernen.
- Die Lösegeräte sind zur Freilegung der Schacht- und Gründungssohlen mit ungezahnten Löffeln bzw. Körben auszurüsten, da schachtungsbedingte Auflockerungen nur bedingt durch Verdichtungsmaßnahmen zu beseitigen sind. Es sind im Bereich der bindigen

Materialien ausschließlich statisch wirkende Verdichtungsgeräte zu verwenden. Es ist rückschreitend auszuheben und eine dynamische Beanspruchung bei der Verdichtung auszuschließen.

- Bei den Aushubarbeiten muss mit Aushuberschwernissen (unterirdische Bauteile) gerechnet werden, deren Beseitigung Mehraufwendungen verursachen kann.
- Auf Grund der Vorbebauung, muss mit Aushuberschwernissen durch im Untergrund verbliebene Bauwerksreste, Betonbruch oder ähnliches gerechnet werden. Dies sollte bei der Ausschreibung wie auch Bauausführung berücksichtigt werden.
- Werden Erdstoffpolster (z.B. zum Bodenaustausch unter Verkehrsflächen bzw. unterhalb von Gründungen) eingebaut, so sind diese mit einem klassifizierten, hoch ungleichförmigen und weit abgestuften Material (möglichst Schotter oder Betonrecycling 0/45) durchzuführen. Der maximale Korndurchmesser des Austauschmaterials sollte $\frac{2}{3}$ der jeweiligen Schütthöhe nicht übersteigen. Vor dem Auftrag ist die Schachtsohle zu verdichten. Der Einbau hat lagenweise unter Erreichung von $\geq 100\%$ der Proctordichte zu erfolgen. Die Verdichtung und Tragfähigkeit ist i.A.a. die ZTV-E StB (z.B. statische oder dynamische Plattendruckversuche) zu überprüfen. Der Erdstoff muss eine günstige Einbaufeuchte besitzen und ist in Lagen von 0,20 m bis 0,30 m einzubauen. Die Lagen sind mit auf den Erdstoff abgestimmten Maschinen zu verdichten.
- Ein Befahren des fertigen Planums der Gründung bzw. der Verkehrsflächen (außer zum Verdichten) ist zu vermeiden. Nicht überschüttete Geotextilen dürfen auf keinen Fall befahren werden (Vorkopfschüttung).
- Für die Deponierung (Zwischenlagerung) von Erdstoffen ist ein Verdichtungsgrad von etwa 92 % bis 95 % der Proctordichte einzuhalten. Zur Entwässerung der Erdstoffdeponie sind die einzelnen Lagen mit einem leichten Gefälle einzubauen, welches ca. 4% betragen sollte. Die Stärke der eingebauten Lagen richtet sich nach dem Verdichtungsgerät, darf jedoch nie größer als die maximale Einflusstiefe desselben sein.
- Hinter- und Verfüllungen haben mit gemischtkörnigen Materialien (z.B. Aushub Schicht 2 und 3, Vorabsieb etc.) mit einem k_f -Wert $\leq 1 \cdot 10^{-6}$ m/s zu erfolgen, um das konzentrierte Einsickern von Oberflächenwassern zu verhindern. Hierbei ist ein Verdichtungsgrad von $D_{pr} \geq 97\%$ einzuhalten. In Bereichen, in denen eine Oberflächenbefestigung auf der

Hinter-/Verfüllung vorgesehen ist (Fußböden, Terrassen, Verkehrsflächen), ist auf UK Tragschicht (= Erdplanum Verkehrsflächenaufbau) ein $E_{V2} \geq 45 \text{ MN/m}^2$ unter Erreichung von $D_{pr} \geq 98 \%$ zu erzielen. Wird diese nicht erfüllt, kann nach Rücksprache mit dem Gutachter/Planer ein zusätzlicher Einbau von Schotter-, Kies- oder Betonrecyclingmaterial erfolgen.

- Werden, während der Schachtarbeiten örtlich abweichende Untergrundverhältnisse gegenüber den (punktuellen) Baugrunderkundungen festgestellt, so ist unser Büro umgehend zwecks Abstimmung und ggf. Anpassung der Baugrundempfehlungen zu benachrichtigen.
- Gemäß DIN EN 1997-2:2010-10 (EC 7-2) Abschnitt 2.5 ist eine Inspektion der Baugrubensohle durchzuführen.
- Für die erforderlichen Baugrundabnahmen bzw. Dichteprüfungen sowie fortlaufende Überwachung der Erd- und Gründungsarbeiten stehen wir Ihnen nach Absprache zur Verfügung.

4 Beratung/Baubegleitung/Bauüberwachung

Leistungsverzeichnis

Wir empfehlen die Mitarbeit bzw. Zusammenarbeit zwischen Planungsbüro und Baugrundgutachter beim Erstellen der Ausschreibung im Bereich Erdbauarbeiten. Dadurch können Ausschreibungsfehler minimiert bzw. vermieden werden. Vor allem die Angaben zur Einstufung der Erdstoffe für die Wiederverwendbarkeit und Entsorgung sind häufige Mehrkostenträger. Ebenso können wir unterstützend bei der Beschreibung der Tiefgründung, Verkehrsflächen, etc. in Vorbereitung oder zur Überprüfung mitwirken.

Bauberatungen

Zu Beginn der Maßnahme empfehlen wir eine Bauanlaufberatung mit Bauherrn, Planungsbüro, Tiefbaufirma und Baugrundgutachter durchzuführen, um den Ablauf und die Koordination abzustimmen. Somit können auf Probleme und Schwierigkeiten bei den Arbeiten früh eingegangen und grundlegend vermieden werden.

Gründungssohle

Eine Überwachung und Abnahme der Gründungssohlen ist zu empfehlen, um die Tragfähigkeit und die angenommenen Berechnungskennwerte, siehe Abschnitt 5 und 6, zu bestätigen.

Schotterpolster Bodenplatte

Der Einbau des Schotterpolsters (Variante 1) unterhalb der Bodenplatte sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden. Wir empfehlen das Anlegen von Probefeldern zur Überprüfung des verwendeten Schotters und der geplanten Schichtdicke.

Forderung: Oberkante Schotterpolster $E_{v2} \geq 100 \text{ MN/m}^2$.

Unser Büro steht Ihnen gerne für Tragfähigkeits- und Dichteprüfungen zur Verfügung.

Tragschicht Verkehrsflächen

Der lagenweise Einbau sollte mittels statischen Plattendruckversuchen (DIN 18134) im Raster geprüft werden. Wir empfehlen das Anlegen von Probefeldern zur Überprüfung des verwendeten Schotters und der geplanten Schichtdicke.

Forderung: Oberkante Schottertragschicht $E_{v2} \geq 120 \text{ MN/m}^2$.

Die Forderungen hinsichtlich Tragfähigkeit und Verdichtung sind der RStO 12 zu entnehmen.

Unser Büro steht Ihnen gerne für Tragfähigkeits- und Dichtepfahrungen zur Verfügung.

5 Berechnungskennwerte

Aufgrund der Erkundungs- und Laborergebnisse werden den maßgeblichen Baugrundsichten in sinnvoller Verallgemeinerung folgende charakteristischen Bodenkennwerte zugeordnet. Zu beachten ist die Zuordnung der Tabellenwerte zu bestimmten Lagerungsdichten und Konsistenzen.

Tabelle 10: Übersicht der Bodenkennwerte.

Schicht	Bodenart	Zustand/ Lagerung	natürliche	Wichte	wirksamer	wirksame	Steife- modul
			Rohwichte	unter	Reibungs- winkel	Kohäsion	
			$\gamma_k (\gamma)$ [kN/m ³]	Auftrieb $\gamma_k' (\gamma')$ [kN/m ³]	$\varphi_k' (\varphi')$ [°]	$c_k' (c')$ [kN/m ²]	$E_{s,k} (E_s)$ [MN/m ²]
1	Auffüllung	steif, locker	18 (15-20)	8 (6-10)	20 (18-25)	3 (2-6)	-
2a	Lößderivat	weich bis steif	18 (17-19)	8 (6-8)	23 (20-26)	5 (0-10)	6 (5-8)
2b		steif	18 (17-19)	8 (6-8)	24 (20-26)	6 (4-8)	10 (8-12)
2c		steif bis halbfest	19 (18-20)	10 (9-10)	26 (24-28)	8 (6-10)	15 (10-20)
3	Kies	mitteldicht bis dicht	21 (20-21)	12 (11-12)	32 (30-34)	0 (0-4)	40 (30-50)
	Schotterpolster	dicht	21	11	34	0	40

() Schwankungsbereich der Bodenkennwerte (z. B. für Grenzwertbetrachtungen sowie abhängig von Lagerung/Konsistenz, Erdstoffart und Tiefenlage)

6 Berechnung

Gründungsvariante 1: Stahlbetongründungsplatte

Berechnung mittels Steifezahlen

Die Bemessung der Bodenplatte hat vorzugsweise nach dem **Steifezahlverfahren** zu erfolgen.

Berechnung mittels Bettungsziffern

Die in Tabelle 12 aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ ^A sowie Bettungsmodule k_s können unter einzelnen Plattenstreifen bei Gründung auf dem **min. steifen Lößderivat (Schicht 2b)** mit unterlagerndem Schotterpolster in Ansatz gebracht werden. Dabei wurden neben der Schichtenfolge, dem Bemessungsgrundwasserstand und o. g. Bodenkennwerten (Tabelle 10) folgende Berechnungsgrundlagen festgesetzt:

Tabelle 11: Berechnungsgrundlagen Stahlbetongründungsplatte.

Parameter		Wert
Normen		EC 7, DIN 1054, DIN 4017:2006
Grundbruchsicherheit	$\gamma_{R,v}$	1,4 (Teilsicherheitskonzept EC 7, BS-P ständige Bemessungssituation)
Setzungsbegrenzung	s	2,0 cm
Grenztiefe	p	20 %
Länge Plattenstreifen	a	10 m
Einbindetiefe		0 m u. OK Polster
Vorbelastung		0 kN/m ²
Auflast (Grundbruch)		0 kN/m ²
Fundamenteigenlast		0 kN/m ² (nicht berücksichtigt)

Für die Berechnung des last- und verformungsabhängigen Bettungsmoduls liegen derzeit keine Angaben vor, sodass vorerst die errechneten Bemessungswerte des Sohlwiderstands und Setzungen zu Grunde gelegt werden (die Bettungsmoduln sind nach Lastangabe durch Statik zu prüfen).

^A Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d} = \sqrt{2} \cdot \text{charakt. zulässige Sohlspannung } \sigma_0$

Tabelle 12: Bemessungswerte des Sohlwiderstands und Bettungsmodule für Stahlbetongründungsplatte bei Gründung auf dem Lößderivat (Schicht 2b).

Breite Plattenstreifen [m]	Mächtigkeit Gründungspolster [m]	Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]	Setzung s [cm]	Bettungsmodul k _s [MN/m ³]
1,0	≥ 0,5	140	0,9	11
2,0	≥ 0,5	200	1,9	7
1,0	≥ 0,8	160	0,9	13
2,0	≥ 0,8	240	2,0	8
1,0	≥ 1,0	180	0,9	14
2,0	≥ 1,0	150	2,0	9

Gründungsvariante 2: Einzel-/ Streifenfundamente

Die in Tabelle 14 aufgeführten Bemessungswerte des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}^B$ für Streifenfundamente wurden mittels erdstatischer Berechnungsverfahren bei Gründung auf dem **min. steifen Lößderivat (Schicht 2b)** bzw. dem **Terrassenschotter (Schicht 3)** berechnet. Dabei wurden neben der Schichtenfolge, dem Bemessungsgrundwasserstand und o. g. Bodenkennwerten (Tabelle 10) folgende Berechnungsgrundlagen festgesetzt:

Tabelle 13: Berechnungsgrundlagen Streifenfundamente.

Parameter	Wert
Normen	EC 7, DIN 1054, DIN 4017:2006
Grundbruchsicherheit	$\gamma_{R,v}$ 1,4 (Teilsicherheitskonzept EC 7, BS-P ständige Bemessungssituation)
Setzungsbegrenzung	s 2,0 cm
Fundamentlänge	a 10 m
Grenztiefe	p 20 %
Vorbelastung	0 kN/m ²
Auflast (Grundbruch)	0 kN/m ²
Fundamenteigenlast	0 kN/m ² (nicht berücksichtigt)

^B Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d} = \sqrt{2} \cdot \text{charakt. zulässige Sohlspannung } \sigma_0$

Tabelle 14: Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ bei Gründung auf dem Lößderivat (Schicht 2b).

		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		
d [m]	b [m]	0,5	0,8	$\geq 1,2$
	$\geq 1,0$		230	240

(a – Fundamentlänge; b – Fundamentbreite; d – Einbindetiefe; Bei kursiv geschriebenen Werten ist die Setzungsbeschränkung von 2,0 cm maßgebend.)

Tabelle 15: Bemessungswert des Sohlwiderstands $\sigma_{R,d}$ bei Gründung auf dem Terrassenschotter (Schicht 3).

		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		
d [m]	b [m]	0,5	0,8	$\geq 1,2$
	$\geq 2,5$		730	780

(a – Fundamentlänge; b – Fundamentbreite; d – Einbindetiefe; Bei kursiv geschriebenen Werten ist die Setzungsbeschränkung von 2,0 cm maßgebend.)

Tabelle 16: Zulässige Sohlspannung für Einzelfundamente, gegründet auf dem Lößderivat (Schicht 2b).

		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		
d [m]	a*b [m]	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
	1,0		320	290
$\geq 2,0$		650	440	350

(a – Fundamentlänge; b – Fundamentbreite; d – Einbindetiefe; Bei kursiv geschriebenen Werten ist die Setzungsbeschränkung von 2,0 cm maßgebend.)

Tabelle 17: Zulässige Sohlspannung für Einzelfundamente, gegründet auf dem Terrassenschotter (Schicht 3).

		$\sigma_{R,d}$ [kN/m ²]		
d [m]	a*b [m]	1,0 x 1,0	2,0 x 2,0	3,0 x 3,0
	$\geq 2,5$		1050	800

(a – Fundamentlänge; b – Fundamentbreite; d – Einbindetiefe; Bei kursiv geschriebenen Werten ist die Setzungsbeschränkung von 2,0 cm maßgebend.)

Zwischenwerte können geradlinig interpoliert werden. Bei außermittiger Belastung gelten die angegebenen Bemessungswerte des Sohlwiderstands für die mittig belastete Ersatzfläche gemäß DIN 4017, Blatt 2.

7 Schlussbemerkungen

Insbesondere unter Berücksichtigung der geologischen Gesamtsituation ist darauf hinzuweisen, dass es sich bei den realisierten Erkundungen um Punktaufschlüsse handelt, weshalb Abweichungen von der erkundeten Bodenschichtung möglich sind. Sollten beim Erdaushub abweichende Bodenverhältnisse festgestellt werden, ist der Gutachter vor dem Fortgang der Arbeiten zu informieren.

Generell ist bei Baumaßnahmen auf gewerblich genutzten Flächen darauf zu achten, dass Nester mit Verunreinigungen oder auffällige Anschüttungen, die durch eine stichprobenartige Untersuchung nicht zu erfassen sind, erst bei den Erdarbeiten angetroffen werden können. Beim Antreffen derartiger Verunreinigungen ist der Gutachter unverzüglich zur Klärung der weiteren Vorgehensweise einzuschalten.

Der Gutachter ist zu einer ergänzenden Stellungnahme aufzufordern, wenn sich Fragen ergeben, die im vorliegenden Gutachten nicht erörtert wurden.

Die im vorliegenden Gutachten getroffenen Aussagen beziehen sich nur auf die Einstufung des Bodens bezüglich seiner Eignung als Baugrund. Eine Beurteilung eventuell auftretender umweltrelevanter Verschmutzungen wurde für die Asphaltdecke, die Auffüllungen und Tragschichten (Schicht 1) in dem Bericht zur Abfallcharakterisierung S21-036 vorgenommen.

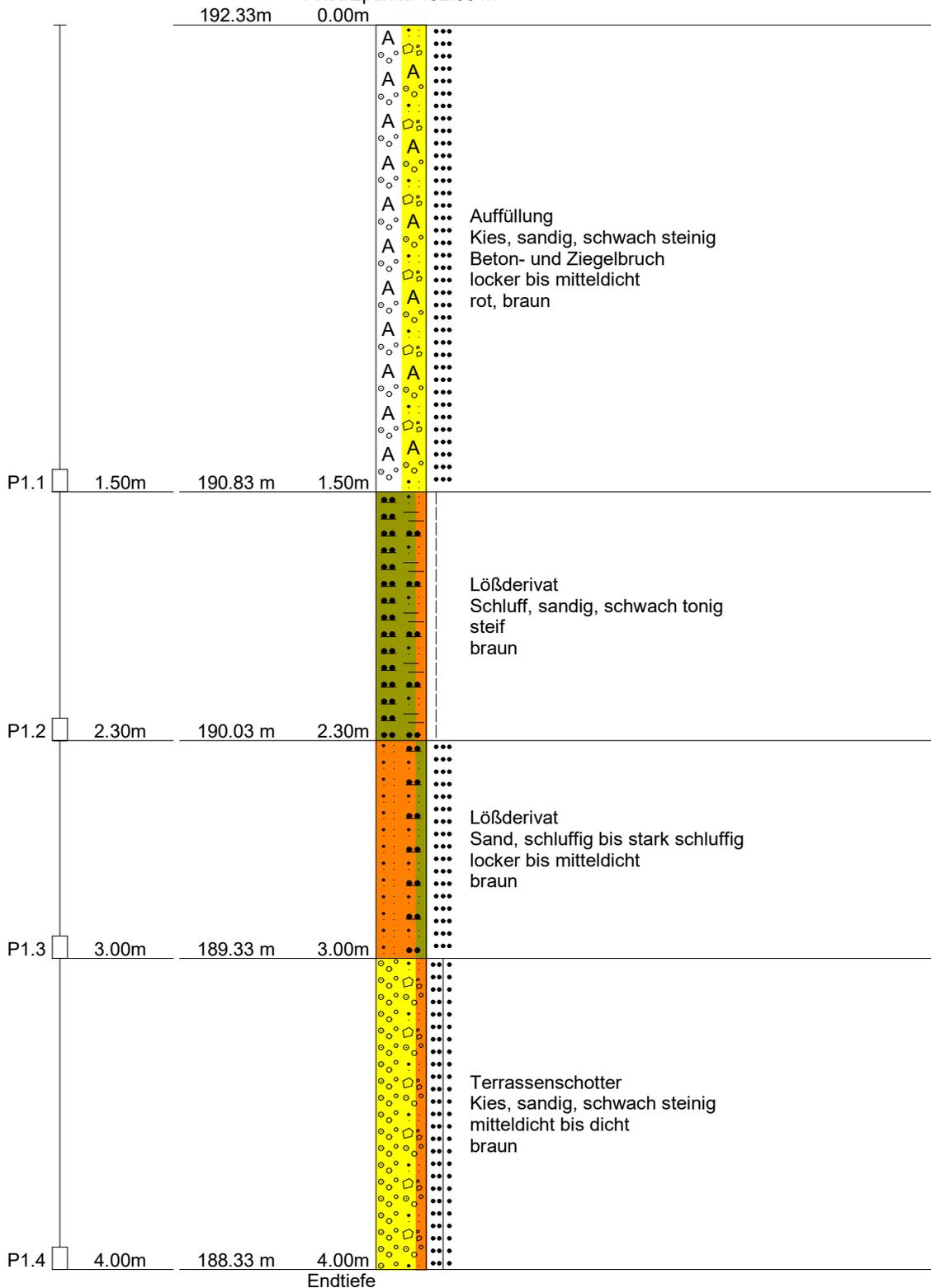
Für Rückfragen stehen wir Ihnen jederzeit gern zur Verfügung.



Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH	Projektnr.: B21-113
Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Alllasten	Anlage: 1
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt	Maßstab: ca. 1:1000
Projekt: Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße 23-26 in Erfurt	Datum: 08.04.2021

RKS 1

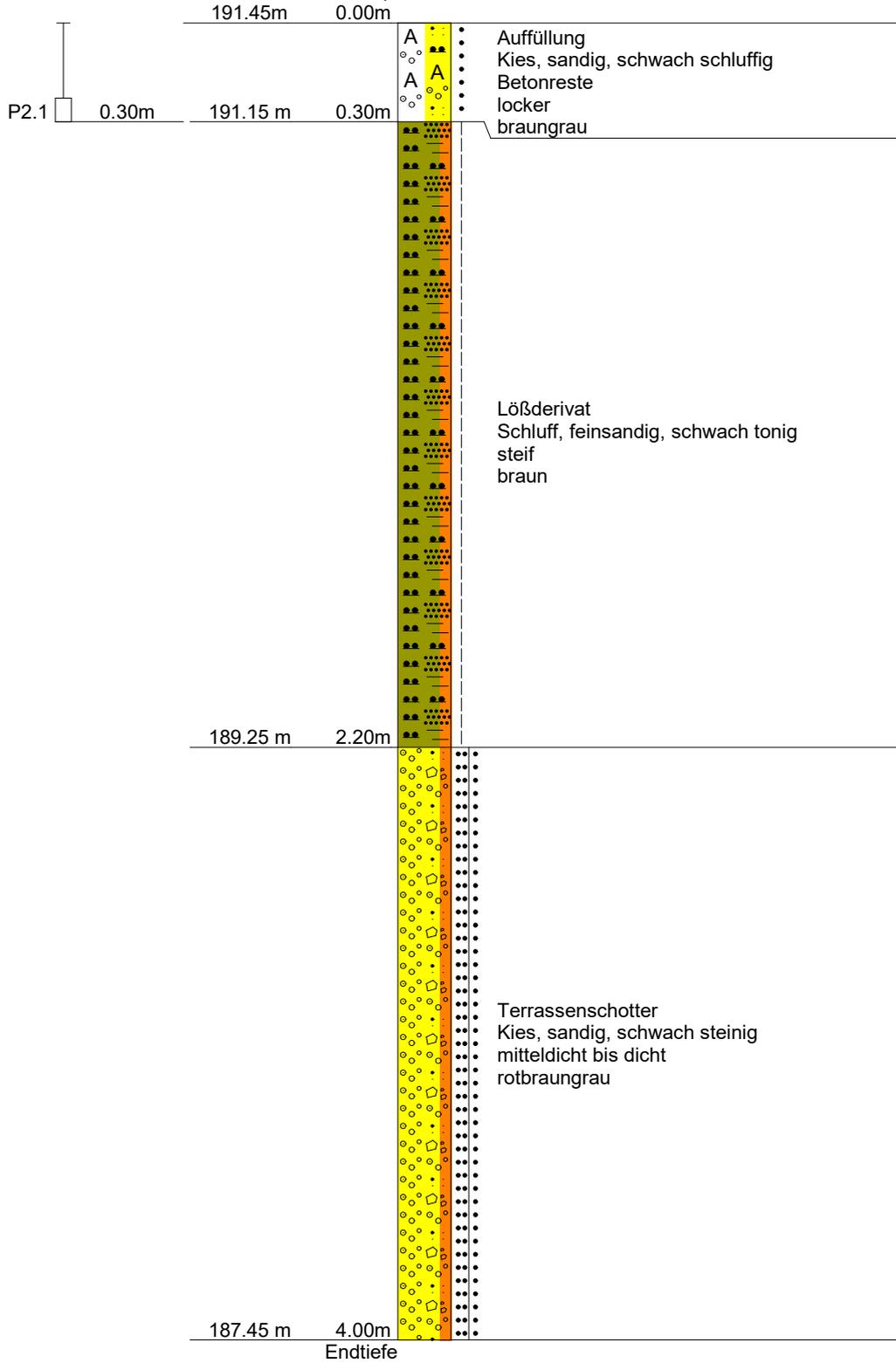
Ansatzpunkt: 192.33 m



Kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 2

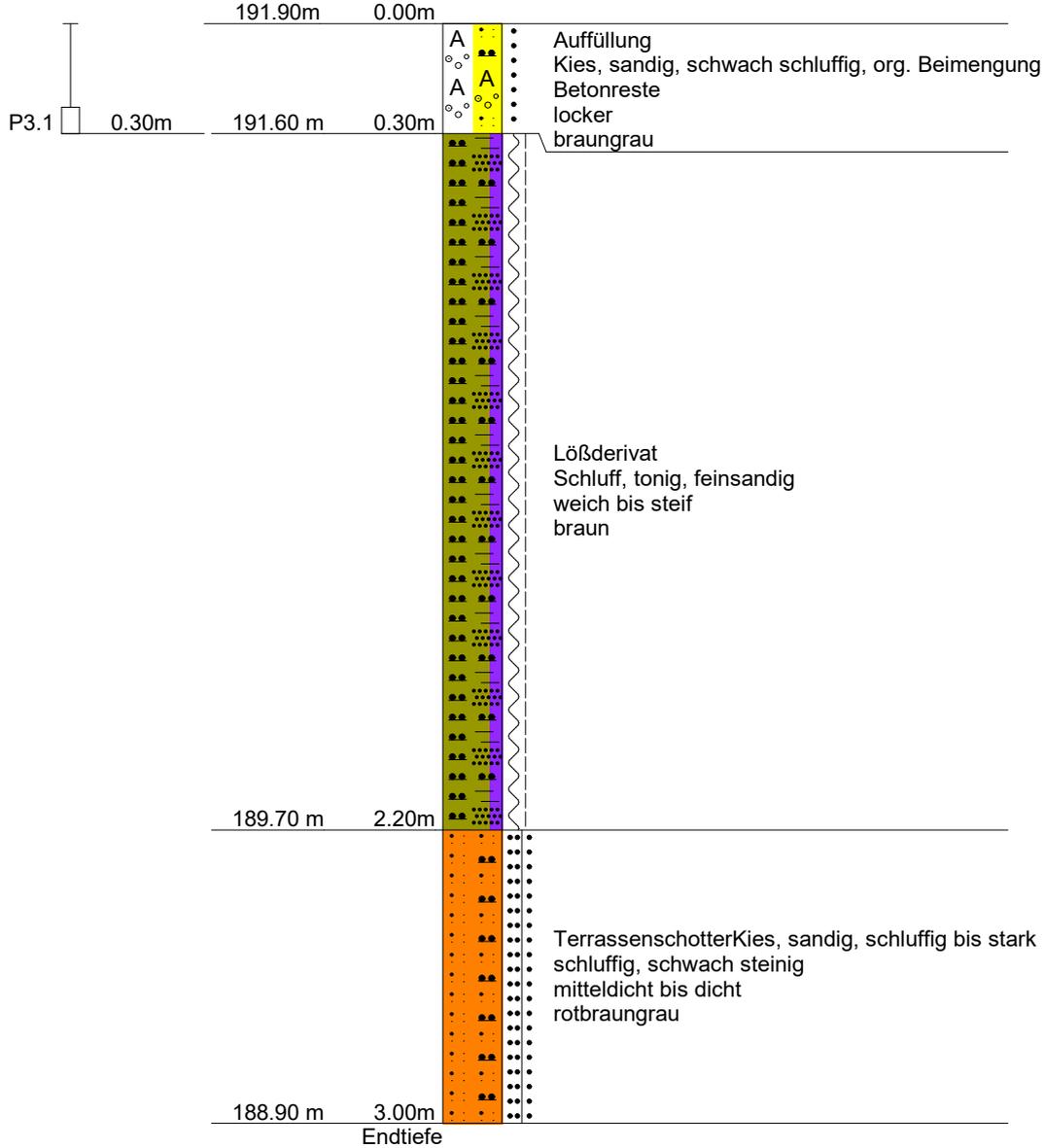
Ansatzpunkt: 191.45 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 3

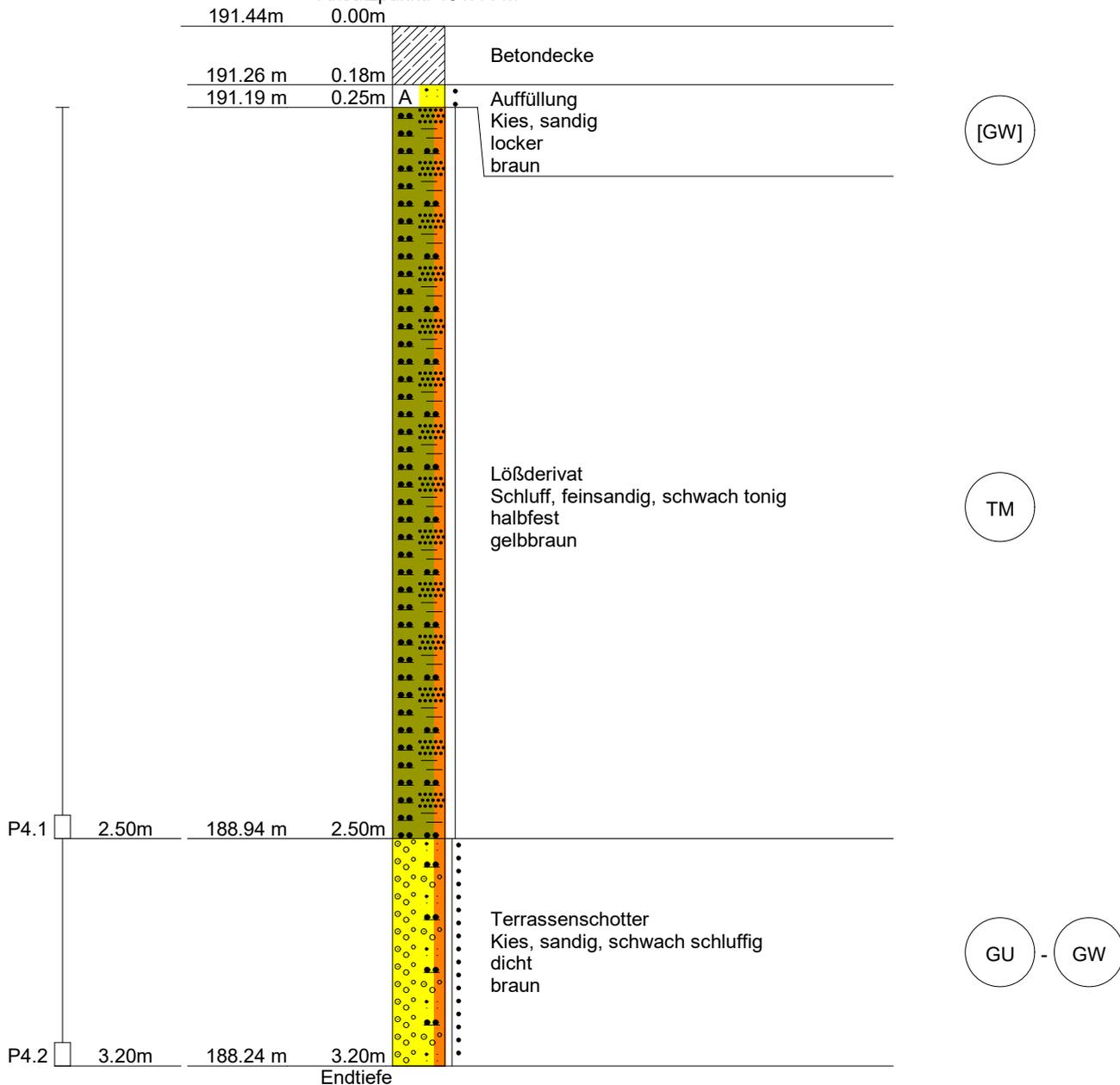
Ansatzpunkt: 191.90 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 4

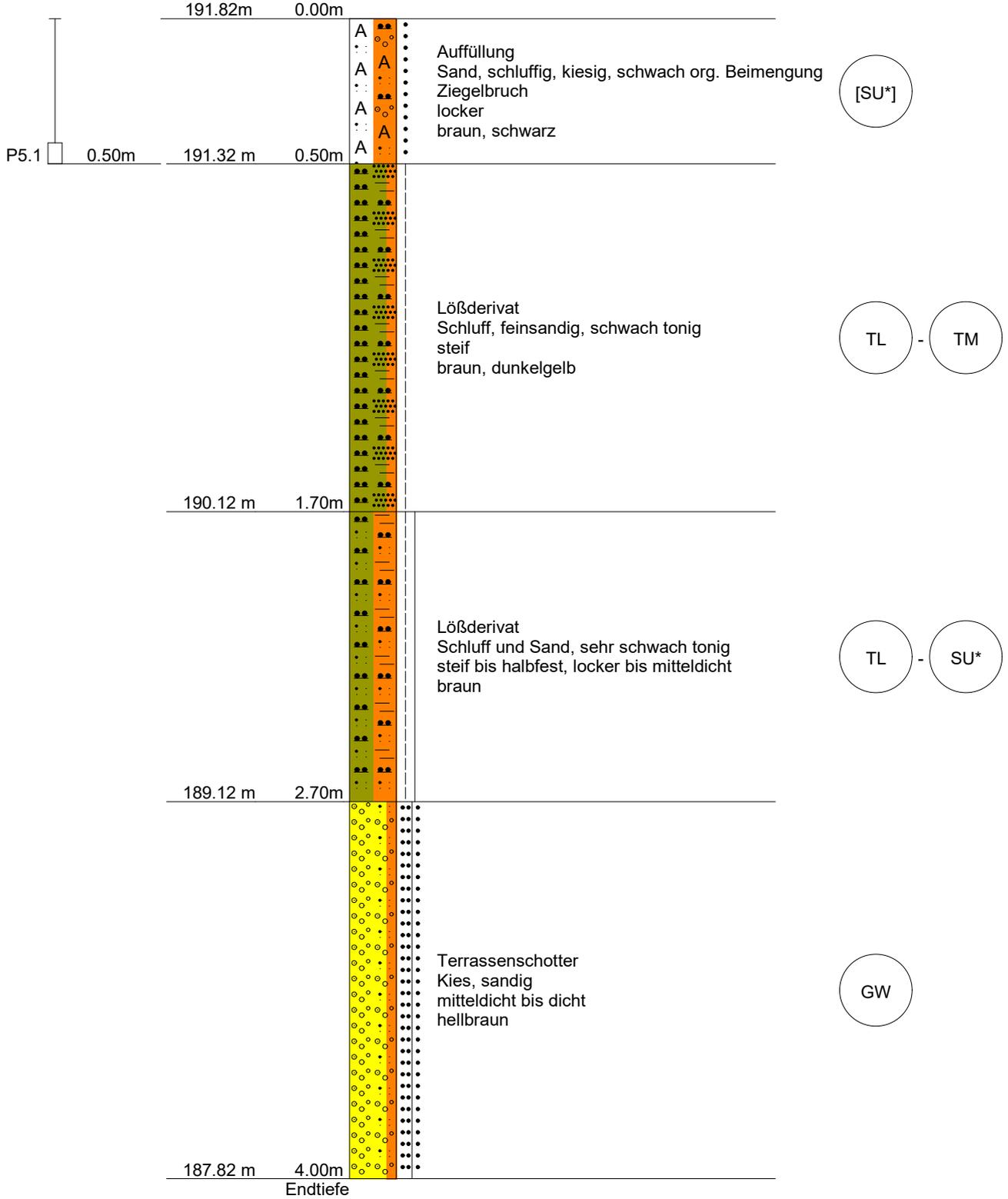
Ansatzpunkt: 191.44 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 5

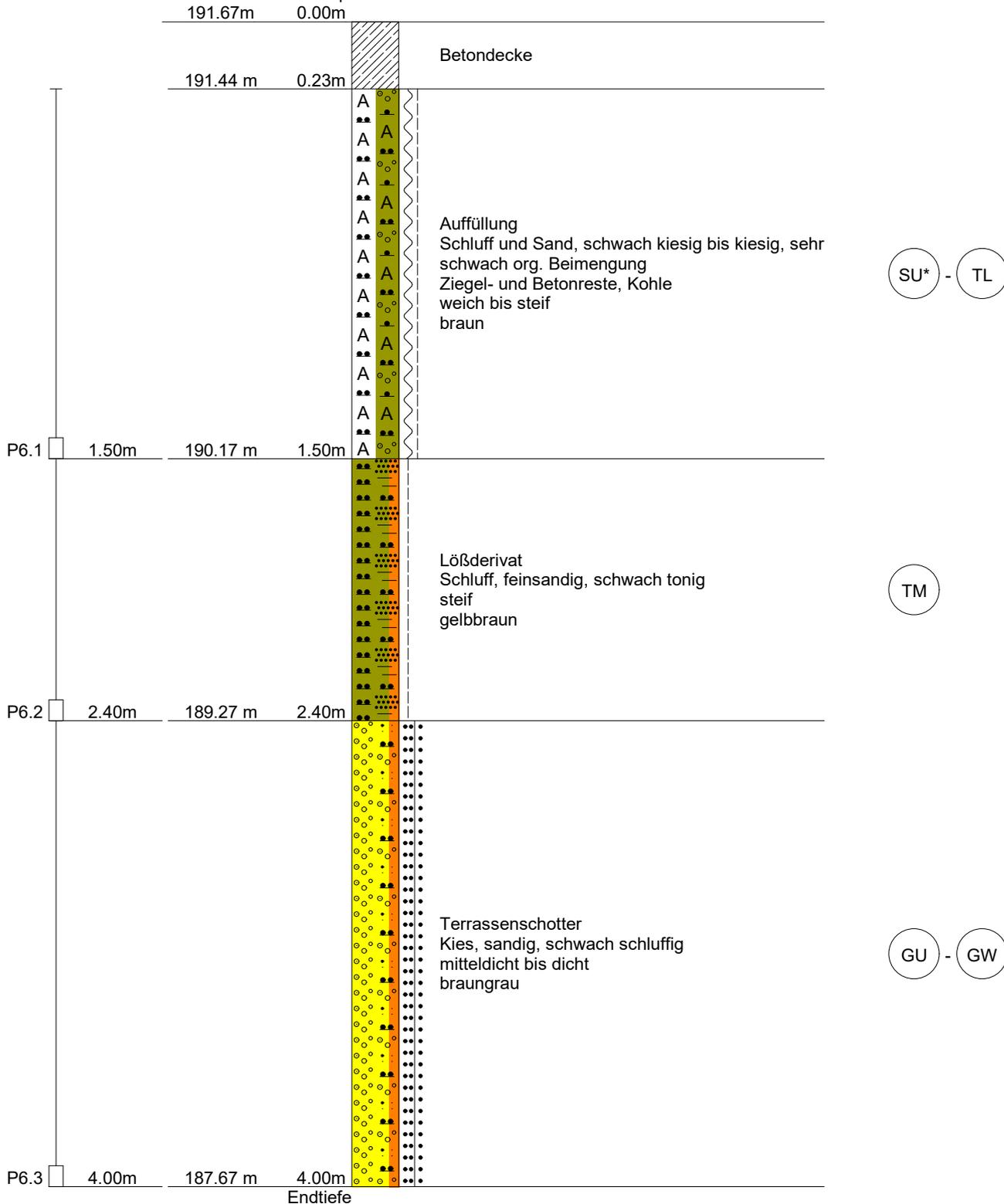
Ansatzpunkt: 191.82 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 6

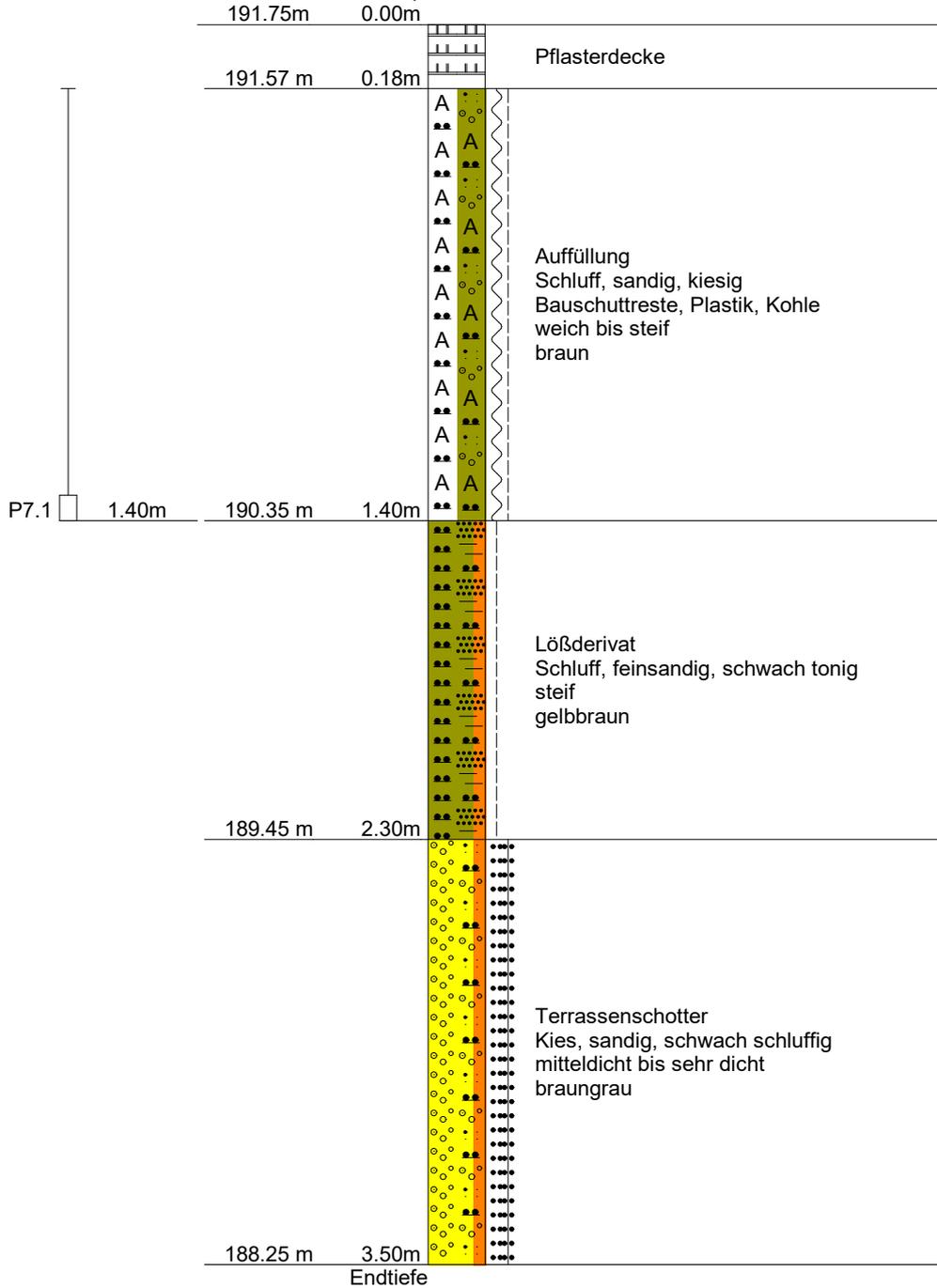
Ansatzpunkt: 191.67 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 7

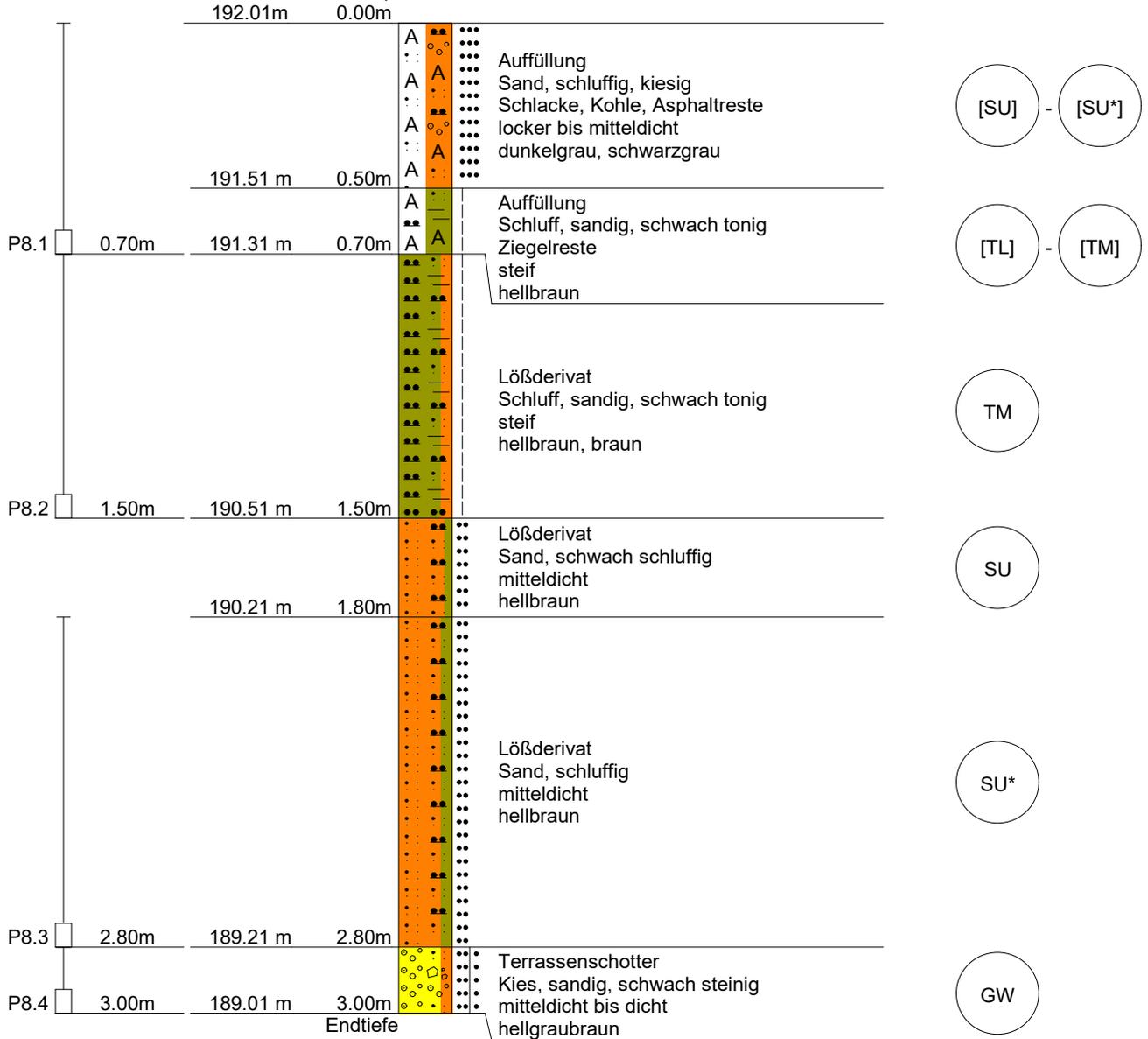
Ansatzpunkt: 191.75 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

RKS 8

Ansatzpunkt: 192.01 m



kein weiterer Bohrfortschritt
kein Grundwasser angetroffen

Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Auftrags-Nr. B21-113

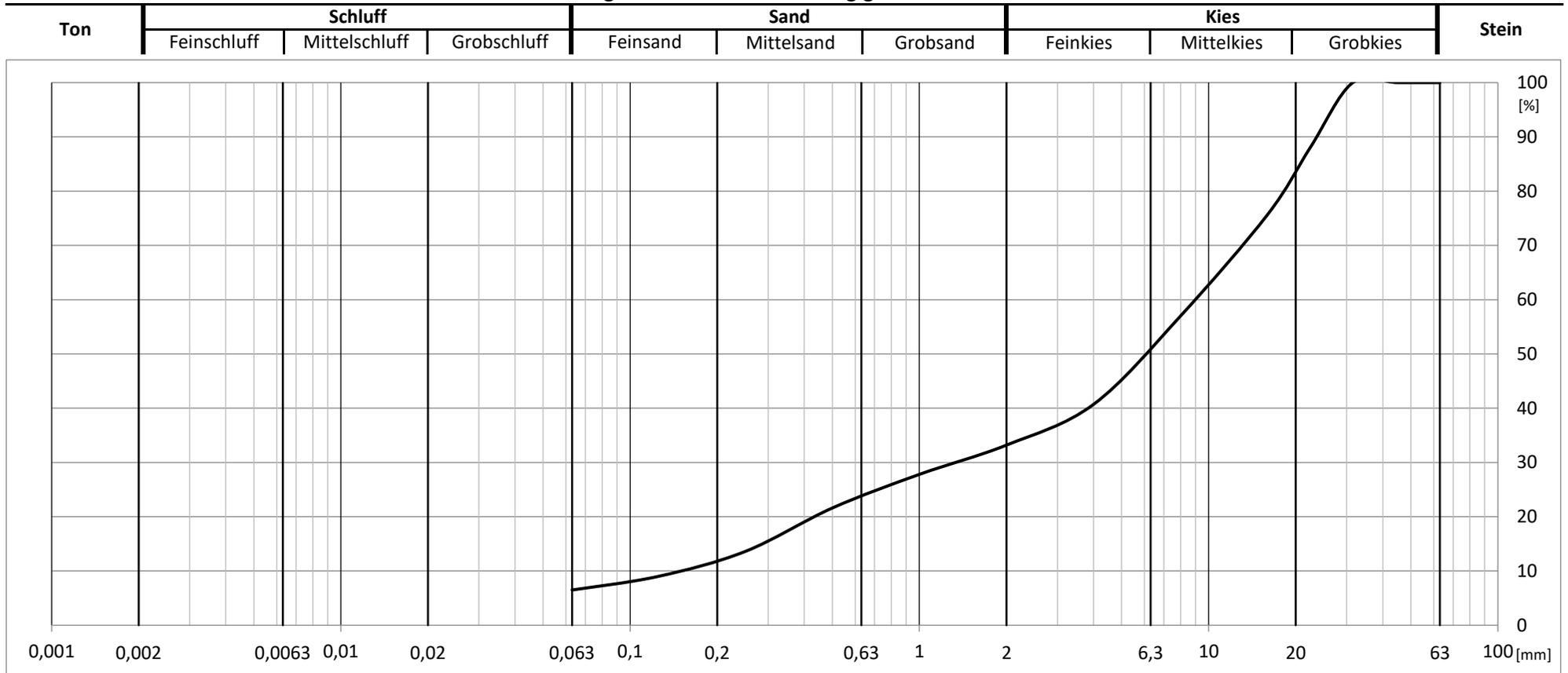
Anlage: 4.1

Entnahmedatum: 07.04.2021

Bearbeiter: Schillig

Bauvorhaben: Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße / Ecke Leipzigerstraße in Erfurt

Körnungslinie durch Nasssiebung gemäß DIN 18123



Entnahmestelle: RKS 6 Tiefe: 2,4-4,0 m Art der Entnahme: gestört Ansprache: GU-GW	Massenanteile Kies: 67% Sand: 27% Schluff+Ton: 7%	Bodenart nach DIN 18196: GU Ungleichförmigkeitszahl - C_U : 61,5 Krümmungszahl - C_C : 1,4 Wassergehalt: 4,5% Bodenart: Kies, sandig, schwach schluffig, Durchlässigkeit nach USBR / Bialas: $5,3E-04$
--	---	--

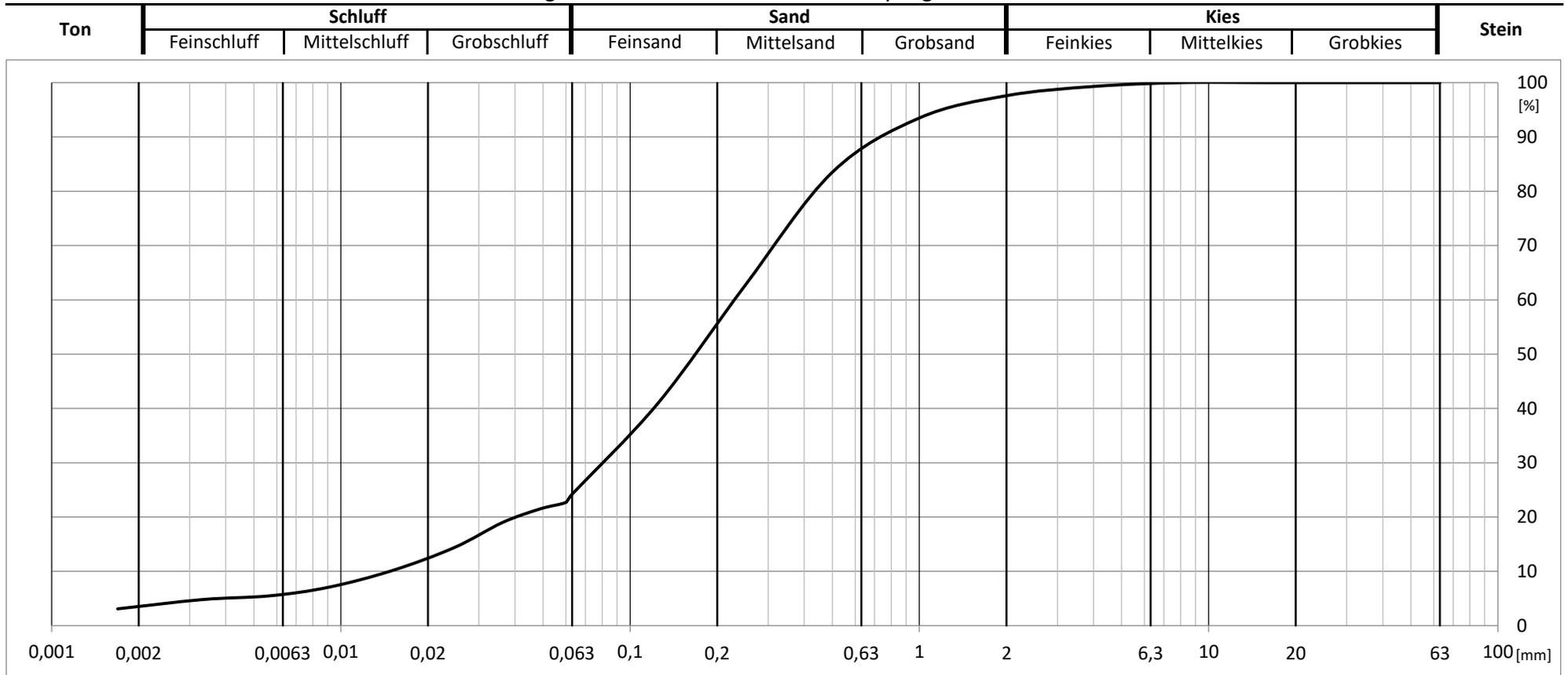
Ingenieurbüro für Baugrund JACOBI GmbH

Baugrunduntersuchung - Erdstofflabor - Gründungsberatung - Versickerung - Altlasten
Straße des Friedens 4 - 99094 Erfurt

Auftrags-Nr.	B21-113
Anlage:	4.2
Entnahmedatum:	07.04.2021
Bearbeiter:	Schillig

Bauvorhaben: Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße / Ecke Leipzigerstraße in Erfurt

Körnungslinie durch Sieb- & Schlämmanalyse gemäß DIN 18123



<p>Entnahmestelle: RKS 8 Tiefe: 0,7-1,3 m Art der Entnahme: gestört Ansprache: SU</p>	<p>Massenanteile Kies: 2% Sand: 73% Schluff: 21% Ton: 3%</p>	<p>Bodenart nach DIN 18196: SU* Ungleichförmigkeitszahl - C_U: 15,6 Krümmungszahl - C_C: 1,9 Wassergehalt: 16,0% Bodenart: Sand, schluffig, Durchlässigkeit nach USBR / Bialas: $2,3E-06$</p>
---	--	--

Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN 18122

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze zzgl. Wassergehalt

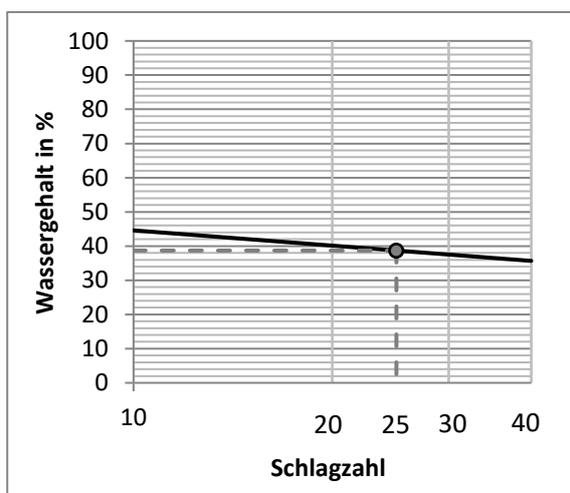
Anlage 4.3

Bauvorhaben : Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße / Ecke
 Leipzigerstraße in Erfurt

Auftragsnummer : B21-113 Bearbeiter : Schillig

Entnahmedatum : 07.04.2021 Entnahmetiefe : 0,7-1,5 m

Entnahmeort : RKS 8 Ansprache : Lößderivat



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,209

Überkornanteil \ddot{u} :

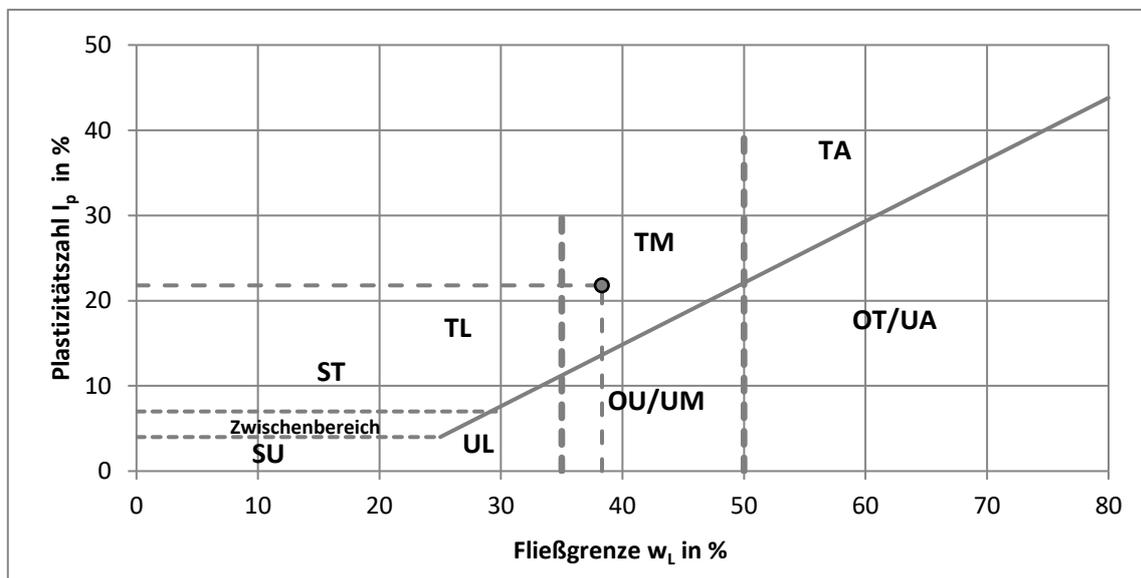
Fließgrenze w_L : 0,383

Ausrollgrenze w_p : 0,165

Plastizitätszahl I_p : 0,218

Konsistenzzahl I_c : 0,797

Bodengruppe nach DIN 18196: TM



Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN 18122

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze zzgl. Wassergehalt

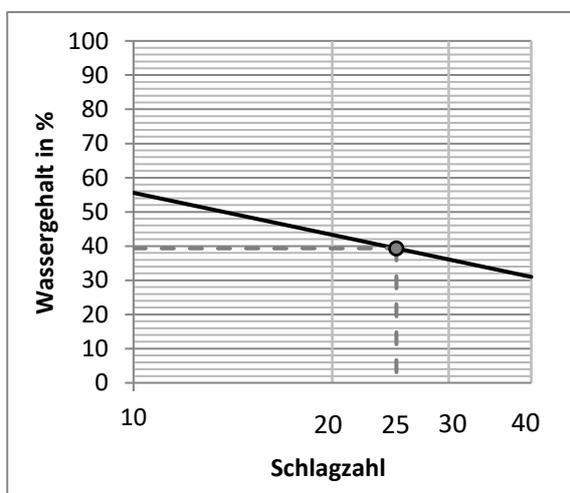
Anlage 4.4

Bauvorhaben : Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße / Ecke Leipzigerstraße in Erfurt

Auftragsnummer : B21-113 Bearbeiter : Schillig

Entnahmedatum : 07.04.2021 Entnahmetiefe : 0,25-2,5 m

Entnahmeort : RKS 4 Ansprache : Lößderivat



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,125

Überkornanteil \ddot{u} :

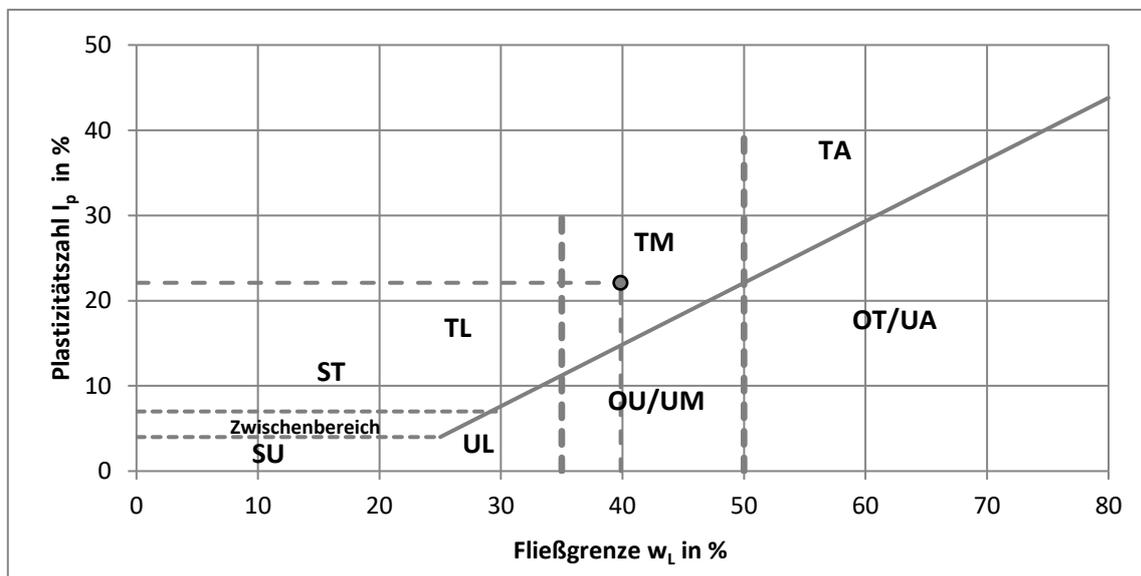
Fließgrenze w_L : 0,398

Ausrollgrenze w_p : 0,178

Plastizitätszahl I_p : 0,221

Konsistenzzahl I_c : 1,236

Bodengruppe nach DIN 18196: TM



Zustandsgrenzen (Konsistenzgrenzen) i.A.a. DIN 18122

Teil 1: Bestimmung der Fließ- und Ausrollgrenze zzgl. Wassergehalt

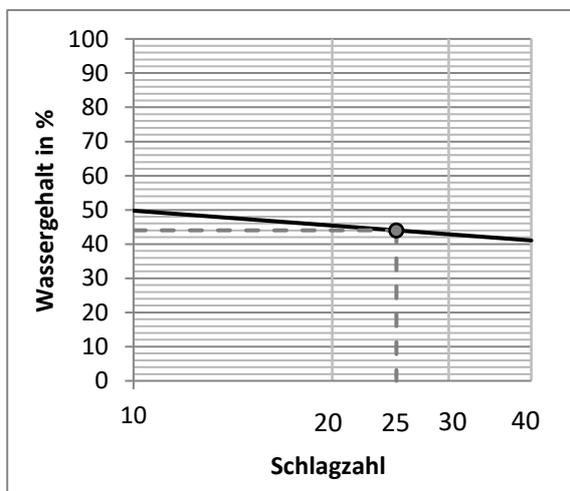
Anlage 4.5

Bauvorhaben : Neubau Fachmarktzentrum - Greifswalder Straße / Ecke
 Leipzigerstraße in Erfurt

Auftragsnummer : B21-113 Bearbeiter : Schillig

Entnahmedatum : 07.04.2021 Entnahmetiefe : 1,5-2,4

Entnahmeort : RKS 6 Ansprache : Lößderivat



Wassergehalt $w/w_{\text{Ü}}$: 0,227

Überkornanteil \ddot{u} :

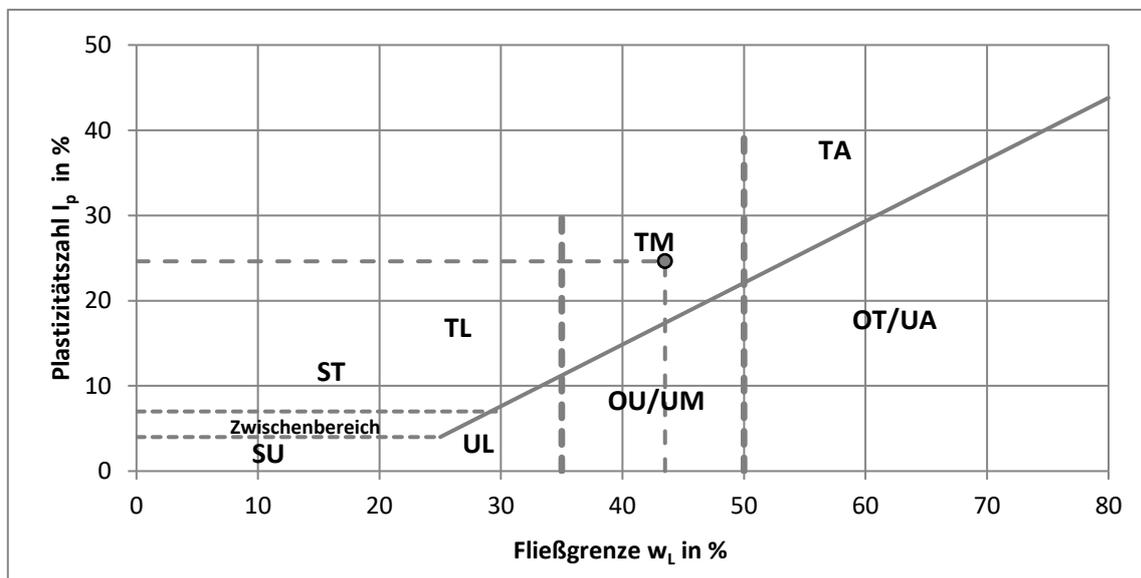
Fließgrenze w_L : 0,435

Ausrollgrenze w_p : 0,189

Plastizitätszahl I_p : 0,246

Konsistenzzahl I_c : 0,844

Bodengruppe nach DIN 18196: TM



Bodenklassifizierungen und -einteilung in Homogenbereiche nach VOB/C

Homogenbereiche i. A. a. ATV DIN 13320:2019-09 (Landschaftsbauarbeiten), ATV DIN 18300:2019-09 (Erdarbeiten), ATV DIN 18301:2019-09 (Bohrarbeiten) und ATV DIN 18304:2019-09 (Rammarbeiten)				
Schicht	0	1	2	3
Bodenklassen (DIN 18300:2019-09)	1	3-4	4	3
Eigenschaften und Kennwerte - Lockergestein/Boden				
ortsübliche Bezeichnung	Oberboden	Auffüllung	Lößderivat	Niederterrassenschotter
Bodengruppe (DIN 18196)	A, OU	A, TL, SU, SU*, GU*, GU, GW	TL, TM, SU*	GW, GU
Massenanteil Ton [%] (d < 0,002 mm)	5-30	0-30	2-15	0-5
Massenanteil Schluff [%] (d = 0,002-0,063 mm)	10-40	1-60	30-70	1-15
Massenanteil Sand [%] (d = 0,063-2 mm)	10-70	10-60	20-60	20-60
Massenanteil Kies [%] (d = 2-63 mm)	1-20	1-90	0-10	40-90
Massenanteil Steine ^A [%] (d = 63-200 mm)	1-5	0-15	0-5	5-30
Massenanteil Blöcke ^A [%] (d = 200-630 mm)	0-1	0-5	0-1	0-5
Massenanteil große Blöcke ^A [%] (d > 630 mm)	0-1	0-1	0-1	0-1
organischer Anteil [%]	0-8	0-15	0-5	0-5
Dichte [g/cm ³]	1,5-1,9	1,5-2,0	1,7-2,0	2,0-2,1
Wassergehalt [%]	5-30	5-30	10-25	2-12
Plastizitätzahl I _p	0,05-0,20	0,05-0,20	0,05-0,30	-
Konsistenzzahl I _c	0,5-1,0	0,75-1,25	0,75-1,5	-
Lagerungsdichte	locker	locker bis mitteldicht	locker bis mitteldicht	mitteldicht bis dicht
Kohäsion in kN/m ²	0-3	2-6	0-10	0-4
undräßierte Scherfestigkeit in kN/m ²	0-5	0-15	0-15	0
Abrasivität CAI	< 1 (schwach abrasiv)	1-4,5 (schwach bis extrem abrasiv)	< 1 (schwach abrasiv)	3,5-4,5 (stark bis extrem abrasiv)
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Lösen und Laden¹	-	EA _{LL} 1	EA _{LL} 2	EA _{LL} 3
Homogenbereiche DIN 18300:2016-09 Erdarbeiten: Einbauen und Verdichten¹	-	EA _{EV} 1 ^{2,3}	EA _{EV} 2	EA _{EV} 3
Homogenbereiche DIN 18301:2016-09 Bohrarbeiten	-	BA 1	BA 2	BA 3
Homogenbereiche DIN 18304:2016-09 Ramm-, Rüttel-, Pressarbeiten	-	RA 1	RA 2	RA 3
Homogenbereiche DIN 18320:2019-09 Landschaftsbauarbeiten	LA 1	-	-	-

^A Angaben ohne Gewähr

¹ unter Beachtung der einsetzbaren Erdbaugeräte (Lösen und Laden → Annahme: Bagger; Einbauen und Verdichten → Annahme: Rüttelplatte). Bei Einsatz abweichender Erdbaugeräte, sind die Homogenbereiche ggf. entsprechend anzupassen.

² Die Wiedereinbaufähigkeit ist abhängig von der Zuordnung nach LAGA M 20 sowie dem Abstand zum Grundwasserstand. Dies ist von Planerseite zu überprüfen.

³ Organische Böden bzw. Böden mit organischen Beimengungen sind für einen Wiedereinbau in technischen Bauwerken nicht geeignet